

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

PLANEAMENTO DA REDE ESCOLAR DO ENSINO BÁSICO

UMA ABORDAGEM INTERMUNICIPAL BASEADA EM MODELOS DE
PLANEAMENTO E SISTEMAS ESPACIAIS DE APOIO À DECISÃO

Ricardo Jorge e Silva Bento



VILA REAL
2010

Tese apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências da Engenharia, realizada sob a orientação do Prof. Doutor António Pais Antunes, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e co-orientação do Prof. Doutor Luís Manuel Morais Leite Ramos, Professor Associado da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

RESUMO

As dinâmicas demográficas ocorridas em Portugal nas últimas décadas, caracterizadas por inversões nas estruturas etárias e por fenómenos de concentração urbana e de êxodo rural, provocaram graduais desfasamentos entre a procura e a oferta escolar, levando o País a encetar na última década, uma das suas maiores reformas estruturais – o Reordenamento da Rede Escolar. Este processo, que teve na Carta Educativa o seu principal instrumento, e adoptou globalmente o âmbito municipal como escala de planeamento, resultou numa rarefacção significativa da rede escolar com particular expressão no 1º ciclo do ensino básico e significativa incidência nos territórios rurais. As opções generalizadas de concentração escolar levaram a uma diminuição significativa dos níveis de acessibilidade, provocando um aumento dos custos de transporte escolar indiciando assim novos problemas de equidade e coesão territorial nos territórios rurais. Para nestes territórios, assegurar o aumento da eficiência e sustentabilidade das redes de infra-estruturas e equipamentos colectivos, nos quais se inclui a rede escolar, os diagnósticos estratégicos nacionais apontam a cooperação e o planeamento intermunicipal como uma possível e desejada solução. Ao ser adoptada, esta escala de planeamento implicará certamente um aumento da complexidade nas tomadas de decisão, sobretudo pelo elevado conjunto de critérios que deverão ser tidos em consideração, levando a dificuldades acrescidas na enumeração de todas as eventuais soluções eficientes, pelo que a utilização de modelos de planeamento e de técnicas de optimização constituirá certamente um importante contributo para a resolução destes problemas. O trabalho desenvolvido visou assim a definição de um novo modelo de planeamento de redes escolares que permitisse a resolução expedita e eficaz de problemas de grande dimensão e atendesse às múltiplas restrições inerentes aos processos de reordenamento escolar. O modelo desenvolvido classifica-se como um modelo capacitado de localização de equipamentos, baseado no da p-mediana, visando assim a maximização da acessibilidade. Para operacionalizar a aplicação do modelo procedeu-se à sua integração com um software SIG de modo a beneficiar das funcionalidades deste último ao nível do tratamento, compilação e organização de dados espaciais bem como das suas capacidades de análise espacial e apresentação gráfica de resultados, constituindo assim um sistema espacial de apoio à decisão (SEAD). A aplicação a uma área de estudo real permitiu testar o modelo e o sistema desenvolvidos no planeamento intermunicipal de uma rede escolar, e os resultados obtidos desta aplicação permitiram encontrar soluções de reordenamento que melhoram significativamente os níveis de acessibilidade dos alunos às escolas quando comparados com as propostas previstas a nível municipal pelas cartas educativas.

Palavras-chave: Reordenamento Escolar, Intermunicipalidade, Níveis de Acessibilidade e equidade, Modelos de Planeamento de Equipamentos, Optimização, SEAD, SIG

ABSTRACT

The changes in the demographic structure and the rural-urban migration phenomena that occurred in Portugal in the recent past decades have led to an increasingly bigger disruption of the school network system, leading the country to engage, in the last decade, one of its major structural reforms – the Redeployment of the School Network. This process, which took the Educational Charter as his main instrument and adopted globally a municipal scale, resulted in a significant reduction of the school network size with particular emphasis on the 1st level of basic education and significant impact in the rural territories. The generalized school consolidation measures applied led to a significant decrease in accessibility levels and to an increase of school transportation costs generating new equity issues and territorial cohesion problems in rural areas. Several strategic national diagnostics state that for rural areas, the efficiency and sustainability of public equipments and infrastructures, such as the school network, can be achieved by means of intermunicipal cooperation. When adopted, this scale of planning certainly entail an increased complexity in the decision making process, especially due to the high number of criteria that needs to be taken into account, leading to increased difficulties in the generation of solutions. The use of facility location models and optimization techniques will certainly be an important contribution to solving these problems. The study here presented thus aimed the development of a new location model for school redeployment problems that allow a prompt and effective resolution of large scale problems and address the multiple constraints of school planning processes. The developed model, derived of the p-median problem, seeks the maximizing accessibility and falls in the category of the *Capacitated Facility Location Models*. The model was coupled with a GIS system in order to benefit from the features of the latter in terms of treatment, collection and organization of spatial data as well as its spatial analysis and graphical presentation capacities, providing thus a spatial decision support system (SDSS). The model and SDSS system where tested in a real world school network redeployment study, and the obtained scenarios and model results pointed to general increase of accessibility levels when compared with the results of the Municipal Educational Charters redeployment proposals.

Keywords: School Network Redeployment; Intermunicipality; Accessibility and equity levels; Facility Location Models; Optimization; SDSS; GIS

*Ao meu filho, Diogo, pelo tempo que lhe era devido e que
certamente receberá agora em dobro*

AGRADECIMENTOS

Iniciei o meu Doutoramento em 2006 e desde então pude contar até hoje com o apoio e solidariedade de múltiplas pessoas e a amizade da família e amigos que me auxiliaram na persecução desta Tese. Seria uma enorme falta da minha parte não deixar um registo neste documento que expresse o meu sentido de gratidão para com todos aqueles que contribuíram para a realização desta tarefa tão importante para a minha vida profissional.

Gostaria de dirigir o meu primeiro obrigado à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Mantenho com esta grande instituição uma relação de mais de 15 anos que se iniciou em 1994 quando ingressei na Licenciatura em Engenharia Civil, passando pela integração no corpo docente em 2000 e que se prolongou até aos dias de hoje. Ainda dentro desta Universidade, devo dirigir o meu obrigado à Escola de Ciências de Tecnologia, na pessoa do seu Presidente, Professor Doutor José Afonso Bulas Cruz por me ter acolhido e reconhecido mérito no meu projecto de Doutoramento. Estendo também este sentimento de gratidão à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra na qual fui sempre muito bem acolhido quer durante a frequência do Curso de Mestrado em Engenharia Urbana onde a o tema desta Tese teve a sua génese, quer posteriormente durante as minhas reuniões com o meu orientador.

Para que um doutoramento resulte em sucesso é imprescindível que o trabalho de orientação se inicie com um projecto bem definido e se pautar por um elevado rigor científico. Acompanhar o desenrolar do trabalho, a resposta oportuna às minhas solicitações e a tolerância para com as minhas falhas e fraquezas foram qualidades que pude encontrar nos meus orientadores.

Tive o privilégio de ser orientado pelo Professor Doutor António Pais Antunes da Universidade de Coimbra. Durante estes quatro anos pude contar sempre com a sua disponibilidade para me receber como também para rever os textos de forma célere. Sempre foi sua preocupação contribuir para a motivação do orientando, elogiando o trabalho realizado e doseando astuciosamente a pressão que todo o orientador deve colocar sobre o orientando, mesmo quando lidava com o incumprimento da minha parte, de prazos estabelecidos. Por tudo isto, e pela sua amizade, devo um grande obrigado ao Professor António Pais Antunes.

Tive igual privilégio de ter sido orientado pelo Professor Doutor Luís Ramos da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tendo já sido meu docente nos tempos da Licenciatura e tendo trabalhado deste então com ele no Grupo de Estudos Territoriais da UTAD, a nossa relação profissional tem já mais de uma década e de tão profícua que tem sido é com bastante agrado que se elevou há muito para a esfera pessoal. Considerando-o como um mentor, que cultivou em mim o gosto pelas questões do Planeamento e Ordenamento do Território, a sua partilha quotidiana de conhecimento para comigo foi porventura a sua melhor dádiva para a minha orientação. Doseando habilmente os esforços exigidos, procurou sempre manter uma dinâmica de acompanhamento dos trabalhos que me permitiu não divagar e concluir os trabalhos em tempo oportuno. Pelo seu valioso apoio no processo de orientação e pela amizade e inspiração com que me tem brindado ao longo destes anos, o meu muito obrigado ao Professor Luís Ramos.

Independentemente daquilo que normalmente representa um Doutoramento, para mim em concreto representa também o cumprimento de mais uma etapa de uma caminhada, iniciada há muitos anos atrás com o começo da minha escolaridade. O vencer das várias etapas decorridas, não foi apenas resultado da minha vontade individual, mas resulta também de um projecto de vida ambicionado pelo meu Pai e pela minha Mãe, alimentado por um desejo profundo de me proporcionar, a mim e aos meus irmãos, uma qualidade de vida melhor do que aquela que eles tiveram oportunidade de viver. Pelo seu exemplo, amor e dedicação, o meu profundo sentimento de gratidão.

Um trabalho desta natureza constitui inevitavelmente um elemento perturbador no seio familiar. A dificuldade em separar por vezes as duas realidades concorrentes levou a que surgissem por vezes situações de conflito que resultaram em alguns casos numa sobrecarga para a minha esposa, nomeadamente nos momentos de reclusão que necessitei para a conclusão dos trabalhos e de ausência provocada nas idas e estadas em Coimbra. Nesses momentos pude beneficiar da tranquilidade que a Helena me proporcionou por poder confiar na sua capacidade de superar a minha ausência e suportar sozinha a árdua tarefa de cuidar do nosso filho. Jamais poderei retribuir tal dádiva. Obrigado Helena.

Gostaria ainda de agradecer à empresa Fair Isaac Corporation pela disponibilização a título gratuito por dois anos de uma licença do software de optimização FICO™ Xpress Optimization Suite 7.0 sem a qual este trabalho não seria possível de realizar.

ÍNDICE GERAL

Resumo	i
Abstract.....	iii
Agradecimentos	vii
1. Enquadramento.....	1
2. Objectivos.....	5
3. Estrutura da Tese	7
CAPÍTULO I. A Evolução do Contexto Sociodemográfico	11
1. Evolução da População Residente.....	13
2. Povoamento	17
3. A estrutura etária	19
4. A terciarização do emprego.....	21
5. Síntese	24
CAPÍTULO II. A Evolução Quantitativa do Ensino Básico em Portugal.....	27
1. Evolução da procura escolar.....	30
1.1. 1º Ciclo do ensino básico: duas décadas de fortes perdas	30
1.2. 2 e 3º ciclos do ensino básico	33
2. Evolução da oferta escolar.....	37
2.1. 1º Ciclo do Ensino Básico	37
2.2. 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico.....	40
3. Síntese	44
CAPÍTULO III. Reorganização e Desenvolvimento da Rede Escolar do Ensino Básico..	
.....	47
1. As experiências espanhola e francesa de reordenamento escolar	50
1.1. Espanha.....	50
1.2. França	57
1.3. Síntese.....	63
2. As cartas educativas e o reordenamento escolar em Portugal.....	64
2.1. Um novo instrumento de planeamento da rede escolar: Carta Educativa	65
2.2. Conceito de Carta Educativa	65
2.3. A implementação das Cartas Educativas.....	67
2.4. As escalas de planeamento da rede escolar	69

2.5. A racionalidade dos processos de reordenamento da rede escolar como factor de concertação	72
CAPÍTULO IV. Modelos de Planeamento Aplicados a Redes Escolares.....	77
1. Modelos de Planeamento de Equipamentos Colectivos.....	79
1.1. Modelos discretos de localização de equipamentos	80
1.1.1 Modelos de maximização da acessibilidade.....	81
1.1.2 Modelos de maximização da cobertura	83
1.1.3 Modelos de minimização de custos.....	85
1.1.4 Modelos de maximização da equidade.....	86
2. Aplicação de modelos ao planeamento de redes escolares	88
3. Um novo modelo de planeamento de redes escolares.....	93
3.1. Definição do objectivo.....	93
3.2. Restrições a incorporar	94
3.2.1 Irradiação Máxima.....	95
3.2.2 Limites de Capacidade.....	95
3.2.3 Modularidade.....	96
3.2.4 Outras restrições não formais	97
3.3. Formulação do Modelo.....	98
CAPÍTULO V. Sistema Espacial de Apoio à Decisão para o Planeamento de Redes Escolares (SEADPRE)	105
1. Sistema Espacial de Apoio à Decisão	108
1.1. Integração de SIG em SEAD.....	108
1.1.1 A importância dos SIG na tomada de decisão	109
1.2. Integração de modelos de planeamento e SIG.....	111
1.3. O SEADPRE.....	113
1.3.1 Fase de pré-processamento	116
1.3.2 Fase de processamento	119
1.3.3 Fase de pós-processamento	120
1.3.4 Interface de utilização.....	122
CAPÍTULO VI. Aplicação do SEADPRE ao planeamento intermunicipal de uma rede escolar.....	127
1. Enquadramento geográfico e descrição da área de estudo	129
2. Caracterização Demográfica e Análise do Povoamento	130
3. Evolução da Rede Escolar	133
4. O processo de reordenamento da rede escolar da AMVDN.....	136

5. Aplicação do SEADPRE	139
5.1. Preparação dos dados (pré-processamento)	139
5.2. Aplicação do Módulo 1 do SEADPRE	142
5.3. Aplicação do Módulo 2 do SEADPRE	149
5.4. Aplicação do Módulo 3 do SEADPRE	155
6. Síntese	160
CAPÍTULO VII. CONCLUSÃO	163
1. Síntese Conclusiva	165
2. Trabalhos futuros	170
Referências Bibliográficas	173
ANEXO I	183
ANEXO II	195

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taxa de variação da população residente, por município, 1991/2001 e 2001/2008	16
Figura 2. Densidade populacional por freguesia em 1991 e 2001.....	17
Figura 3. Tipologia das áreas urbanas (classificação do INE/DGOTDU, 1998)	18
Figura 4. Tipologia das freguesias segundo o grau de urbanização (classificação EUROSTAT)	18
Figura 5. Índice de Envelhecimento por município em 1991 e 2008.....	21
Figura 6. Percentagem da população residente activa empregada no sector terciário por município (1991 e 2001)......	23
Figura 7. Concentração da população por distritos	25
Figura 8. Representação <i>Treemap</i> do número total de habitantes por distrito (área de cada rectângulo = população)	25
Figura 9. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 1º ciclo do ensino básico por NUT III (1996-2007)	32
Figura 10. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 1º ciclo do ensino básico por município (1996-2007)	32
Figura 11. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 2º ciclo do ensino básico por NUT III (1996-2007)	35
Figura 12. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 2º ciclo do ensino básico por município (1996-2007)	35
Figura 13. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 3º ciclo do ensino básico por NUT III (1996-2007)	36
Figura 14. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 3º ciclo do ensino básico por município (1996-2007)	36
Figura 15. Evolução do número de escolas do 1º ciclo do ensino básico por NUT III..	38
Figura 16. Lugares estatísticos do Continente.....	39
Figura 17. Evolução do número de escolas do 1º ciclo do ensino básico por município	39
Figura 18. Variação do número de escolas que leccionam o 2º e 3º ciclo do ensino básico por NUT III (1995/96 a 2006/07)	41
Figura 19. Escolas que ministram o 2º e 3º ciclo sobrelotadas em 1996/97 (adaptado de São Pedro, <i>et al.</i> , 2000).....	43

Figura 20. Evolução do nº de Escolas Unitárias e Incompletas em Espanha por Comunidade Autónoma	54
Figura 21. Cartas Educativas - Ponto de Situação.....	67
Figura 22. Actores intervenientes nos processos de reordenamento escolar por escala de intervenção	72
Figura 23. Fases do processo de decisão segundo Simon (1960).....	109
Figura 24. Arquitectura de funcionamento do SEADPRE	114
Figura 25. Interface gráfica <i>Xpress-IVE</i> para desenvolvimento dos modelos em <i>Mosel</i>	115
Figura 26. Fase de pré-processamento do modelo do ModelBuilder do Módulo 1	118
Figura 27. Script desenvolvido em <i>Python</i> integrado no modelo de geoprocessamento do módulo 1 do SEADPRE.....	119
Figura 28. Fase de processamento do modelo do ModelBuilder do Módulo 1	120
Figura 29. Fase de pós-processamento do modelo do ModelBuilder do Módulo 1	121
Figura 30. Exemplo de interface gráfica do SEADPRE (Módulo 3)	124
Figura 31. Menus de introdução de dados dos módulos 1, 2 e 3 do SEADPRE	125
Figura 32. Enquadramento geográfico da AMVDN	129
Figura 33. Modelo altimétrico da AMVDN	130
Figura 34. Taxa de variação da população residente no AMVDN entre 1981 e 2001 .	132
Figura 35. Densidade populacional por freguesia na AMVDN (2001).....	133
Figura 36. Escolas do ensino básico segundo a taxa de ocupação em 2007/2008	136
Figura 37. Rede Escolar do ensino básico em 2006/2007 e 2010/2011	138
Figura 38. Rede escolar do ensino básico prevista para 2014.....	139
Figura 39. Rede escolar do ensino básico prevista para 2014 que cumpre as dimensões mínimas regulamentares	139
Figura 40 - Exemplo da georeferenciação dos centróides das freguesias do AMVDN (Pinhão).....	140
Figura 41. Centróides das freguesias da AMVDN	140
Figura 42. Exemplo de georeferenciação das escolas da AMVDN	141
Figura 43. Rede viária do AMVDN	142
Figura 44. Cenários de reordenamento da rede do 1º CEB - módulo 2 do SEADPRE	148
Figura 45. Cenários de reordenamento da rede do 1º CEB - módulo 2 do SEADPRE	151

Figura 46. Cenários de reordenamento da rede do 2º e 3º CEB - módulo 2 do SEADPRE	154
Figura 47. Cenários de reordenamento da rede do ensino básico - módulo 3 do SEADPRE.....	159
Figura 48. Variação da distância agregada por freguesia para o 1º CEB (módulo1-Cenário 1).....	161
Figura 49. Variação da distância agregada por freguesia para o 2,3º CEB (módulo1-Cenário 2).....	162

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolução da População Residente em Portugal Continental entre 1960 e 2008	13
Gráfico 2. Pirâmides etárias, Portugal, 1987 e 2006	19
Gráfico 3. Evolução dos Nados-vivos e Óbitos em Portugal entre 1970 e 2008	20
Gráfico 4. População Activa por Sector de Actividade em 1991	22
Gráfico 5. População Activa por Sector de Actividade em 2001	22
Gráfico 6. Evolução do nº de alunos inscritos do 1º ciclo e das taxas de escolarização do ensino básico em Portugal.....	30
Gráfico 7. Evolução do nº de alunos inscritos e das taxas de escolarização do 2º e 3º CEB do ensino básico em Portugal.....	33
Gráfico 8. Evolução da taxa real de escolarização do 2º e 3º CEB	34
Gráfico 9. Estabelecimentos de ensino que leccionam o 1º Ciclo por escalão de dimensão (2005/06 e 2006/07).....	40
Gráfico 10. Estabelecimentos de ensino segundo o ano lectivo, por tipologia (1994/95 – 2007/08)	42
Gráfico 11. Escolas EB23 por escalão de dimensão no ano lectivo de 2007/08.....	43
Gráfico 12. Evolução do nº de Escolas Unitárias e Incompletas em Espanha	53
Gráfico 13. Evolução do número de escolas primárias (élémentaires) em França (1960-2010)	59
Gráfico 14. Número de escolas fechadas nos anos lectivos de 2004/05 a 2007/08	68
Gráfico 15 - Evolução da população residente no AMVDN.....	131
Gráfico 16 – População residente no AMVDN segundo a dimensão dos lugares	132
Gráfico 17. Pirâmides etárias da AMVDN (1981 e 2001)	134
Gráfico 18. Evolução dos nados-vivos no AMVDN.....	134
Gráfico 19. Evolução do nº de alunos do ensino básico no AMVDN.....	135
Gráfico 20. Taxa de ocupação do parque escolar do 1º CEB (2007/2008).....	135
Gráfico 21. Tempo de resolução dos cenários equacionados no SEADPRE	160

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Irradiação máxima por nível de ensino básico	95
Tabela 2. Limites de capacidade por módulo para tipologias de escolas do ensino básico novas e existentes.....	97
Tabela 3. Distribuição das freguesias da AMVDN pelos municípios.....	129
Tabela 4. Ano de homologação das cartas educativas do AMVDN	137
Tabela 5. Resultados das propostas das CE e dos cenários intermunicipais do módulo 1 do SEADPRE.....	144
Tabela 6. Custos dos transportes escolares por circuito	146
Tabela 7. Resultados da aplicação do módulo 2 do SEADPRE para o 1º CEB.....	150
Tabela 8. Resultados da aplicação do módulo 2 do SEADPRE para o 2º e 3º CEB....	152
Tabela 9. Resultados da aplicação do módulo 3 do SEADPRE.....	158

1. ENQUADRAMENTO

Uma das responsabilidades de qualquer Governo é providenciar, quer ao nível do poder central, quer do poder local, e obviamente dentro da sua jurisdição, certos bens e serviços indispensáveis ao bem-estar da sociedade e que de outra forma não poderiam ser assegurados, pelo menos com a eficiência e abrangência que se impõem numa sociedade que se pretende desenvolvida e justa. Um desses serviços, e sem dúvida um dos mais importantes, é a Educação, sendo a garantia do seu acesso, a qualidade das aprendizagens e o sucesso nos primeiros anos de escola, condição essencial do desenvolvimento cultural, social e económico das sociedades contemporâneas.

Foi justamente neste domínio que o País enfrentou, na última década, um dos seus maiores desafios: o elevado desajustamento da rede de estabelecimentos de ensino existente face à procura escolar do território nacional. Nos últimos anos surgiram diariamente na comunicação social notícias de escolas com menos de 10 alunos praticamente isoladas da realidade social e educativa nacional e com total ausência de recursos didácticos que assegurassem uma razoável prática educativa. Por outro lado, os grandes centros urbanos debatem-se com a problemática da sobrelotação de escolas, onde predominam as turmas de excessiva dimensão, escasseiam os recursos e os espaços pedagógicos face a tamanha procura e onde as problemáticas sociais crescem exponencialmente (violência juvenil, abandono e insucesso escolar, etc.).

Estes desfasamentos entre a “procura escolar” e a “oferta escolar” assentam em transformações estruturais que ocorreram em Portugal e que ao longo dos anos não foram devidamente acauteladas pelas várias entidades e organismos que tem responsabilidade directa na gestão da rede escolar. As transformações demográficas ocorridas nas últimas décadas, em particular a forte quebra das taxas de natalidade e os elevados fluxos migratórios que originaram um êxodo massivo das populações do interior do país rumo às zonas mais litorais, imprimiram uma dinâmica à dimensão e localização da procura de ensino, à qual a rede escolar não foi capaz de dar uma resposta condizente.

Procurando corrigir estes desfasamentos, e como parte integrante de um conjunto mais alargado de medidas, iniciou-se há uma década um processo de *territorialização das políticas educativas* (DAPP-ME, 2000a), procurando o Estado, no seguimento da Lei de Bases do Sistema Educativo – LBSE – (Lei n.º 46/86, de 14 de Outubro), transferir para as autarquias competências no que diz respeito à definição da rede escolar municipal, nomeadamente ao nível da construção e/ou manutenção dos edifícios escolares que fazem parte de cada território concelhio. Esta medida visou assegurar sobretudo um reordenamento da rede escolar mais eficaz, participado e “sensível” às realidades locais, algo que num processo de planeamento centralizado no ministério da educação, dificilmente seria alcançado.

A LBSE acrescentou novos princípios gerais e organizativos que têm tido repercussão na forma de (re)pensar a rede escolar nacional, em função das especificidades da sociedade actual. No seu seguimento, a Lei n.º 159/99 de 14 de Setembro estabeleceu o quadro de transferência de atribuições e competências para as autarquias locais e as respectivas áreas de intervenção autárquica a Educação, fazendo o respectivo enquadramento dessa actuação em domínios como a gestão do parque escolar relativo à educação pré-escolar e básica, bem como a realização da carta educativa tendo sido formalmente iniciado este processo após a publicação do Decreto-Lei n.º 7/2003 de 15 de Janeiro. O impulso reformista da rede escolar teve o seu apogeu nos anos de 2006 e 2007 com a homologação da quase totalidade das cartas educativas dos municípios portugueses. Este reordenamento da rede escolar teve na sua base uma série de princípios orientadores definidos centralmente pelo Ministério da Educação procurando garantir de algum modo uma uniformidade nacional dos processos locais de reordenamento. O Estado reconhecia contudo que estes eram passíveis de adaptação aos vários contextos e realidades específicas presentes no território nacional tal como é salientado no relatório intitulado “*Propostas para a melhoria das condições de funcionamento das Escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico*” elaborado por um grupo de trabalho constituído a pedido do Ministério da Educação (Azevedo, *et al.*, 2001), em que se pode ler:

“As dimensões locais – e a enorme complexidade imposta pelas peculiaridades das diferentes variáveis presentes (pedagógicas, organizacionais, demográficas, geográficas, de política local, etc.) – não aconselham à adopção de um programa predefinido, de

concepção e regulação centralizada e com medidas de padrão uniforme, de aplicação em todo o território nacional. Pelo contrário, as medidas de melhoria dos estabelecimentos da administração pública que têm incontestavelmente uma maior disseminação nacional – as escolas do 1º ciclo – aconselham à adopção de princípios de subsidiariedade e de descentralização na sua adopção. Isto significa que se recusa um modelo exclusivo ou de referência para a melhoria das condições de funcionamento do 1º ciclo (do tipo, por exemplo, de criação de estabelecimentos de ensino padrão, com dimensão crítica adequada, e encerramento de todos aqueles que não correspondam aos critérios ou dimensões exigidas).”

Apesar destas recomendações para que as medidas a adoptar assentem numa lógica política participativa e numa regulação de parceria entre o Estado as autarquias e os agentes educativos (Azevedo, *et al.*, 2001), a conjugação e harmonização das diferentes visões em “confronto” no processo de reordenamento da rede escolar só é possível se forem assumidos por todos os intervenientes, um conjunto de critérios de planeamento que assegurem uma base de racionalidade nos processos locais de planeamento. Nesse sentido do governo emanou o Despacho Conjunto 28/SERE/SEAM/88, onde foram definidos e publicados os *CrITÉrios de Reordenamento da Rede Educativa* (DAPP-ME, 2000a). Estes estabelecem os princípios e critérios que deverão pautar as reformas a implementar pelos municípios, apoiados numa escala municipal de organização das redes escolares mas indicando claramente a possibilidade de essas reorganizações poderem ocorrer a nível supra-municipal.

A intermunicipalidade do planeamento de redes de equipamentos serviços é de resto uma lógica gradualmente mais presente nos documentos estratégicos que orientam o ordenamento do território nacional. O Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) aprovado em 2007 identificava como um dos problemas do ordenamento do território o “*Incipiente desenvolvimento da cooperação territorial de âmbito supra-municipal na programação e gestão de infra-estruturas e equipamentos colectivos, prejudicando a obtenção de economias de escala e os ganhos de eficiência baseados em relações de associação e complementaridade.*” (DGOTDU, 2007, p.86). Reconhecendo o carácter inibidor que estas limitações impõem à promoção de um território equitativo em termos de desenvolvimento e bem-estar, o PNPOT definiu como opção estratégica a promoção de “*redes de cidades e subsistemas urbanos locais*

policêntricos que, numa perspectiva de complementaridade e especialização, permitam a qualificação dos serviços prestados à população e às actividades económicas.”

Assumindo que a promoção do desenvolvimento policêntrico dos territórios pode contribuir para o objectivo de *“assegurar a equidade territorial no provimento de infra-estruturas e de equipamentos colectivos e a universalidade no acesso aos serviços de interesse geral, promovendo a coesão social”* e que esta deve ser feita à escala intermunicipal, foram assim definidos várias medidas prioritárias entre as quais algumas referentes ao planeamento das redes escolares, nomeadamente *“Definir os Territórios Educativos, tendo em vista implementar Programas Educativos Intermunicipais e instituir Conselhos Intermunicipais de Educação e Aprendizagem”*.

Apesar do planeamento intermunicipal estar também previsto nos documentos orientadores do ministério da educação, as Cartas Educativas, que na sua larga maioria foram elaboradas antes do próprio PNPOT, não concretizam contudo esta medida o que poderá denotar, numa primeira análise, que ainda há muito trabalho a fazer ao nível da dinamização da cooperação supra-municipal dos territórios para o planeamento e gestão das redes de equipamentos colectivos. As propostas das cartas educativas foram assim definidas à escala municipal constituindo um mosaico de redes escolares autónomas na sua grande maioria, como se de “ilhas” se tratassem (Martins, *et al.*, 2010, p.62).

Importa pois imprimir uma nova dinâmica ao processo de planeamento das redes escolares que, procurando uma maior coerência com os objectivos traçados no PNPOT, equacione e compare propostas intermunicipais de organização das redes com as actuais estratégias em vigor nos municípios para que se possa aferir quais os efectivos benefícios em termos de acessibilidade e equidade territorial e os eventuais ganhos de eficiência e economia de escala. Algumas iniciativas onde se propõe o planeamento das redes escolares a níveis supra-municipais começam já a surgir disseminadas pelo território nacional, como são o caso das propostas de elaboração das Cartas Educativas Intermunicipais do Oeste e da Guarda. Também ao nível das estruturas do Ministério da Educação regista-se esta dinâmica de trabalho a escalas mais alargadas, nomeadamente através do projecto iniciado em 2010 pelo Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação (GEPE) em parceria com a Universidade de Coimbra intitulado “Reorganização do Parque Escolar por NUT III a 2013”.

Dado o seu carácter político a carta educativa é um instrumento que resulta de um processo de concertação das vontades, anseios e visões, por vezes antagónicos, de múltiplos agentes que intervêm no processo (autarcas, professores, alunos, pais, técnicos, etc.). Importa no entanto reforçar a ideia de que estas são documentos que integram também uma forte componente técnica devendo as duas dimensões ser conformadas numa visão integrada e globalizante. Sendo este um processo já de si complexo ao nível municipal, a consideração de escalas ainda maiores de planeamento induz certamente um aumento significativo de complexidade em termos técnicos, dado que o número de variáveis a integrar no processo de decisão são em maior número e as restrições a incorporar mais complexas.

Neste sentido, o recurso a técnicas e modelos de planeamento que se tem vindo a desenvolver rapidamente nos últimos anos, tendo já sido vastamente aplicadas noutros domínios, tais como as técnicas de optimização, poderá ser bastante profícuo para o planeamento de redes escolares. O uso destas ferramentas permitirá assegurar processos mais rigorosos e sistematizados de análise, permitindo ainda, dada a enorme capacidade de processamento de informação em reduzidos períodos temporais, suportar a definição de múltiplos cenários de reordenamento à escala intermunicipal ou eventualmente regional, contribuindo para um processo mais eficaz de planeamento das redes escolares.

2. OBJECTIVOS

Como consequência das problemáticas e motivações apresentados no ponto anterior, a tese desenvolvida tem dois objectivos primordiais de âmbitos distintos. O primeiro objectivo definido foi o de efectuar uma análise crítica da evolução recente da rede escolar do ensino básico em Portugal e dos respectivos processos de reordenamento ocorridos nas últimas décadas. O segundo objectivo definido foi o de desenvolver um novo instrumento de apoio ao planeamento de redes escolares que integrasse modelos de optimização com ferramentas de análise espacial, constituindo assim um sistema espacial de apoio à decisão (SEAD) que permitisse a concepção expedita de cenários supra-municipais de reordenamento das redes escolares.

Para a concretização do primeiro objectivo torna-se necessário desenvolver um conjunto de objectivos parcelares que quando conjugados permitem uma leitura alargada das razões e factores inerentes às dinâmicas registadas na rede escolar do ensino básico, nomeadamente:

- Análise das dinâmicas sociodemográficas registadas em Portugal nos últimos 30 anos;
- Estudo da evolução quantitativa e territorial recente do sistema de ensino básico em Portugal;
- Identificação das estratégias e instrumentos de reordenamento escolar desenvolvidas em Portugal e a sua comparação com outras realidades internacionais.

Também para a concretização do segundo objectivo principal foi necessário proceder à sua desagregação em vários objectivos parcelares nomeadamente:

- Apresentação dos principais modelos de planeamento de equipamentos desenvolvidos nos últimos anos e identificação na literatura internacional das principais aplicações destes modelos ao contexto de planeamento de redes escolares;
- Estudo das componentes de um SEAD e das diferentes estratégias de integração de modelos de planeamento com Sistemas de informação Geográfica (SIG);
- Aplicação prática do sistema de apoio à decisão desenvolvido a um estudo de caso de reordenamento intermunicipal da rede escolar do ensino básico de modo a validar o modelo desenvolvido e comparar qualitativa e quantitativamente as propostas intermunicipais resultantes com o cenário de base reordenamento municipal.

3. ESTRUTURA DA TESE

Esta Tese de Doutoramento está estruturada em sete capítulos, os quais reflectem aproximadamente o conjunto de assuntos identificados na definição de objectivos feita anteriormente.

No capítulo I, *A Evolução do Contexto Sociodemográfico*, caracteriza-se de uma forma sintética, a evolução demográfica das últimas 5 décadas da população residente em Portugal Continental evidenciando os condicionalismos que determinaram tal evolução e as consequências em termos do povoamento e da estrutura socioeconómica resultantes das transformações demográficas ocorridas. Dá-se particular ênfase à evolução mais recente, nomeadamente a década de 90 e início do século XXI, sobre a qual se fez uma descrição de vários indicadores demográficos e socioeconómicos desagregados pelas várias NUT III e Municípios que constituem o território continental de modo a melhor se perceber que “realidades” coexistem em Portugal e de que forma o país se organiza em duas das dimensões que mais influenciam o sistema educativo: a socioeconómica e a demográfica.

No capítulo II, *A Evolução Quantitativa do Ensino Básico em Portugal*, procede-se conforme o título indica, a uma análise da evolução das últimas duas décadas do sistema de ensino básico desagregando-o em duas componentes principais – a Procura e a Oferta –. Ao nível da procura, a caracterização compreende a evolução do nº de alunos por nível de ensino básico desagregada por NUT III e por município. Do lado da “oferta” elaborou-se um levantamento da capacidade instalada no território continental, desagregada pelos diferentes níveis de ensino básico, igualmente desagregada por NUT III e município. Do cruzamento destas duas componentes resulta uma análise quantitativa das respostas do sistema de ensino em termos da rede escolar disponibilizada face às alterações ocorridas na evolução demográfica do País.

No Capítulo III, *Reorganização e Desenvolvimento da Rede Escolar do Ensino Básico*, é feita uma caracterização do contexto legislativo que deu origem ao processo de implementação do principal instrumento de planeamento da rede escolar desenvolvido em Portugal – a Carta Educativa – e é analisada a dinâmica global do processo de reordenamento escolar ocorrida na última década., comparando-a em

termos de estratégias adoptadas, escalas de intervenção e critérios utilizados, com os processos ocorridos em países de contexto sociocultural semelhante ao português, nomeadamente Espanha e França, onde o reordenamento das redes escolares encontra-se já mais consolidado. Procura-se igualmente caracterizar as escalas de reordenamento utilizadas neste processo de implementação das cartas educativas, comparando as escalas preconizadas nos instrumentos criados pelos serviços do ministério da educação e as efectivamente desenvolvidas pelos municípios.

No Capítulo IV intitulado *Modelos de Planeamento Aplicados a Redes Escolares* é feita uma revisão bibliográfica dos principais modelos aplicados ao planeamento de equipamentos colectivos dando-se particular relevância aos diferentes modelos discretos de localização de equipamentos. É feita igualmente uma revisão, com base na literatura científica internacional, dos principais modelos de planeamento desenvolvidos e aplicados a redes escolares, procurando identificar as escalas territoriais de análise utilizadas, as restrições incorporadas nas formulações dos modelos e os objectivos principais a otimizar em cada um, bem como as técnicas de optimização utilizadas na sua resolução. Apresenta-se também o modelo proposto nesta Tese, referindo as motivações que conduziram ao seu desenvolvimento e descrevendo a sua formulação e as restrições incorporadas.

No Capítulo V, designado de “*Sistema Espacial de Apoio à Decisão para o Planeamento de Redes Educativas (SEADPRE)*”, é feita uma breve descrição dos conceitos de SEAD e SIG e são evidenciadas as vantagens da sua utilização nos processos de planeamento de redes escolares. Seguidamente é apresentado o SEADPRE proposto nesta Tese, descrevendo-se detalhadamente a sua arquitectura, evidenciando as formas de integração das soluções informáticas aplicadas nas suas duas componentes principais (software de optimização para resolução dos modelos de planeamento e SIG). São igualmente explicados os modelos de geoprocessamento, inerentes às três fases de processamento, desenvolvidos para a preparação dos dados e apresentação de resultados e é descrita a interface gráfica em ambiente SIG.

No Capítulo VI é feita a *Aplicação do SEADPRE ao Planeamento Intermunicipal de uma Rede Escolar*, com o objectivo de avaliar por um lado o funcionamento e desempenho da ferramenta desenvolvida na resolução de problemas reais de substancial

complexidade e por outro responder às questões formuladas no Capítulo III, relativas às eventuais vantagens de planeamento de redes escolares à escala supra-municipal. Respondendo a este último objectivo é feita então uma comparação das propostas de reordenamento previstas pelas cartas educativas dos vários municípios da área de estudo com as propostas do SEADPRE, analisando-se detalhadamente as diferenças em termos de acessibilidade agregada da população escolar a servir.

No Capítulo VII, *Conclusão*, apresentam-se algumas conclusões relativas aos resultados obtidos e aos objectivos propostos e apresentam-se as linhas de evolução futura que o modelo de planeamento desenvolvido e o sistema de apoio à decisão apresentados permitem perspectivar.

CAPÍTULO I.
A EVOLUÇÃO DO CONTEXTO SOCIODEMOGRÁFICO

A evolução do sistema educativo de um país encontra-se intimamente relacionada com a evolução demográfica dos vários territórios que o compõem. Através da análise dessa evolução, podemos estimar quantidades potenciais de população a escolarizar nos vários níveis de ensino, antever situações de rotura e de subaproveitamento das várias infra-estruturas que compõem a rede do sistema de ensino e afectar mais eficazmente recursos aos territórios onde as necessidades e tendências se apresentam mais prementes. Essa análise deve, nos dias de hoje, tender cada vez mais para uma caracterização não só quantitativa da estrutura populacional, mas sobretudo, e cada vez mais qualitativa uma vez que estas mudanças condicionam directa e indirectamente, as características da população estudantil induzindo fortes impactos na estrutura e organização do sistema educativo (Gaspar, *et al.*, 2000).

1. EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO RESIDENTE

Portugal possuía em 2008, segundo as últimas estimativas anuais da população residente do INE, 10.627.250 habitantes. Nas últimas aproximadamente 5 décadas o País registou um aumento de mais de 1,7 milhões de pessoas residentes (1.739.416), originando enormes alterações na estrutura demográfica do território nacional. Este crescimento não foi contudo estável, muito por causa da evolução irregular dos saldos migratórios ocorridos ao longo das últimas décadas do século XX.

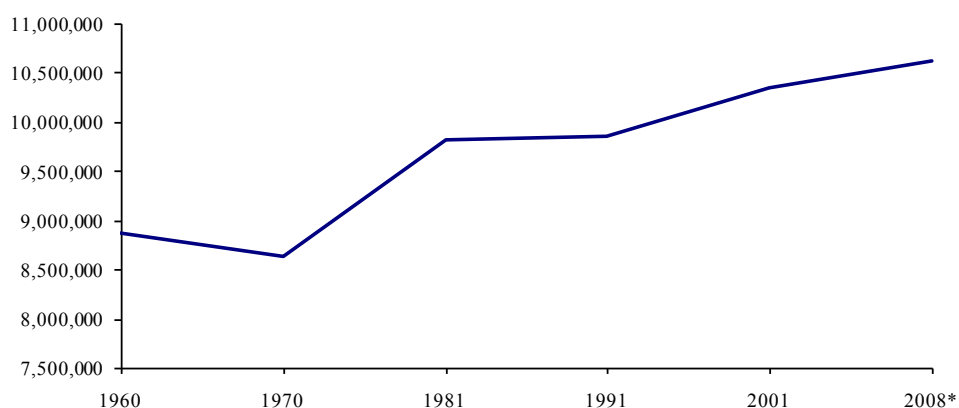


Gráfico 1. Evolução da População Residente em Portugal Continental entre 1960 e 2008

* - Estimativa de população residente 2008

Fonte: INE - Recenseamentos Gerais da População

Na década de 60 a população residente decresceu cerca de 2,7%. As fracas condições de vida e a falta de emprego, levaram a um elevado aumento dos fluxos

emigratórios da população do continente para destinos preferencialmente da Europa central (França, Luxemburgo, Suíça, Alemanha, etc.), estimando-se a saída de cerca de 100.000 portugueses por ano nesta década (IGP, 2007). Ao mesmo tempo, internamente, o êxodo rural intensificou-se; as maiores e melhores possibilidades de emprego situadas no Litoral levaram a uma elevada migração interna originando um acentuado despovoamento do Interior do País e uma consequente concentração demográfica no Litoral, com particular incidência nas Áreas Metropolitanas de Lisboa e do Porto.

Nos anos 70, a evolução demográfica inverteu-se – a população residente aumentou muito à custa da inversão do sentido das migrações internacionais. A melhoria das condições de vida registadas no país levou a um abrandamento da emigração o que, conjugado com a entrada de pessoas provenientes das colónias portuguesas após a revolução de Abril de 1974, contribuiu para a fixação e o rejuvenescimento da população nacional, embora em termos de saldo natural, o declínio se tenha mantido.

Internamente o peso das áreas metropolitanas intensificou-se ainda mais, agora com a contribuição da população emigrante das colónias que, sem raízes no País, acabou por se fixar nos grandes centros do Litoral. No resto do território registou-se um processo de reorganização regional, caracterizada por um crescimento demográfico dos centros urbanos fora das áreas metropolitanas. A terciarização da economia portuguesa e o consequente abandono das actividades agrícolas contribuiu fortemente para a migração das populações das zonas rurais para as cidades e vilas um pouco por todo o país. Por outro lado, e mais uma vez, os retornados das ex-colónias tiveram aqui também um papel crucial, fixando-se nos aglomerados urbanos das regiões de naturalidade, contribuindo assim para um aumento das dinâmicas socioeconómicas locais e para o rejuvenescimento da população.

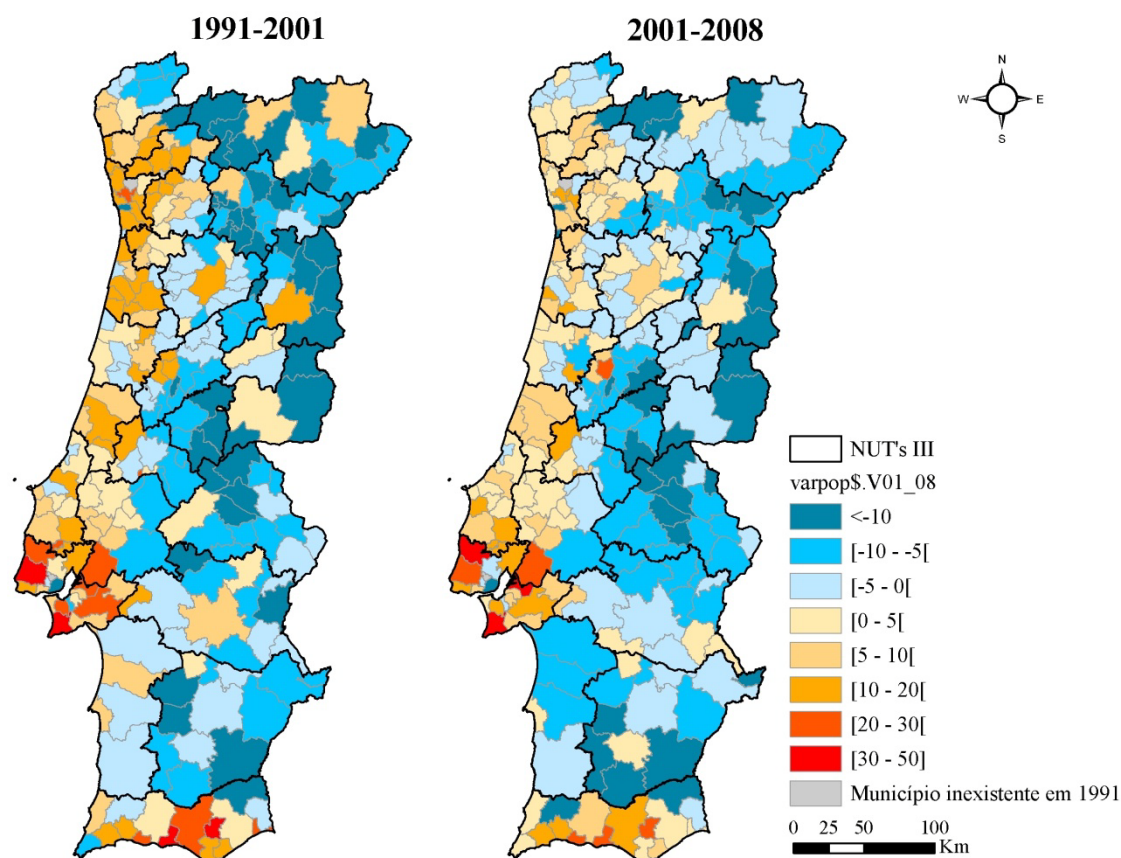
A década de 80, por seu lado, caracterizou-se por uma estagnação. O retorno das ex-colónias abrandou, e o saldo natural registou valores pouco positivos (+3,6%). A concentração demográfica no Litoral manteve-se sobretudo devido a aumentos dos saldos fisiológicos uma vez que a população mais jovem do País, e portanto em idade fértil, se concentrava sobretudo nas áreas metropolitanas.

Na década de 90 e início do século XXI a dinâmica demográfica é novamente de crescimento embora não tão acelerada como anteriormente. Esta deveu-se sobretudo à forte imigração registada, sendo o saldo migratório positivo a principal componente do acréscimo populacional em Portugal, à semelhança do que ocorreu na maioria dos países desenvolvidos (Carrilho e Patrício, 2006)

Apesar do crescimento demográfico, uma análise desagregada por município da evolução da população residente (Figura 1) permite constatar que existiram diferentes dinâmicas no território português. Na última década intercensitária mais de metade dos municípios do continente (151) registaram perdas de população localizando-se a grande maioria no interior do País, com particular destaque para os municípios mais periféricos da região centro e do nordeste transmontano.

Analisando apenas os municípios do interior é perceptível um processo de concentração urbana da população. Das capitais de distrito apenas Beja não registou um aumento populacional entre 1991 e 2001. Mesmo alguns municípios de “segunda ordem” viram a sua população aumentar fruto da “drenagem” dos territórios rurais envolventes.

Por outro lado, no litoral, registou-se um processo acelerado de urbanização, sobretudo na faixa ocidental do território continental, entre Viana do Castelo e Setúbal, e na região do Algarve, com particular destaque para as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto onde “...a ausência de políticas de ordenamento territorial levou a um crescimento do tipo extensivo..., gerando processos de suburbanização residencial...”(Gaspar, *et al.*, 2000). Este fenómeno é confirmado pelas diminuições demográficas dos municípios de Lisboa e Porto (- 15% e -13% respectivamente de entre 1991 e 2001) e pelos crescimentos acentuados nos municípios que lhes são geograficamente próximos.



Fonte: INE, Censos 1991 e 2001, Estimativas Anuais da População Residente.
 Instituto Geográfico Português (IGP), Carta Administrativa Oficial de Portugal de 15 de Julho de 2009 (CAOP 2009.0).

Figura 1. Taxa de variação da população residente, por município, 1991/2001 e 2001/2008

Desde 2001, e segundo as estimativas do INE, persiste o processo de litoralização embora com menor intensidade do que na década anterior. O interior continuou a registar um esvaziamento demográfico elevado, mas agora com uma continuidade espacial mais acentuada como se pode confirmar pelas perdas em alguns dos municípios capital de distrito que na década de 90 aumentaram a sua população (Bragança, Castelo Branco e Évora) confirmando a expressão de “interior regressivo” utilizada por Marques (2005).

Já no litoral o processo de suburbanização nas áreas metropolitanas manteve-se, com os municípios de Lisboa e Porto a continuarem a perder bastante população para os municípios limítrofes. De salientar que a diminuição demográfica atinge agora mais municípios da faixa litoral, alguns deles com uma importância significativa como é o caso de Coimbra (-8,8%) e Aveiro (-0,3%).

2. POVOAMENTO

Os resultados da evolução demográfica do País são perfeitamente visíveis quando analisados os mapas da densidade populacional por freguesia em 1991 e 2001 (Figura 2), sendo claros os contrastes quer entre o Litoral e o Interior quer entre o Norte e o Sul. As Áreas Metropolitanas do Porto e Lisboa apresentam valores superiores em média a 2000 hab/km² e exercem uma forte influência nos territórios contíguos em particular na região do Grande Porto onde a “mancha urbana” atinge maiores dimensões. No Interior do País, as cidades capitais de distrito são, logicamente, as únicas a apresentarem valores de densidade urbana (> 1000 hab/km²), exercendo igualmente alguma “atração” sobre os seus territórios marginais mais ruralizados.

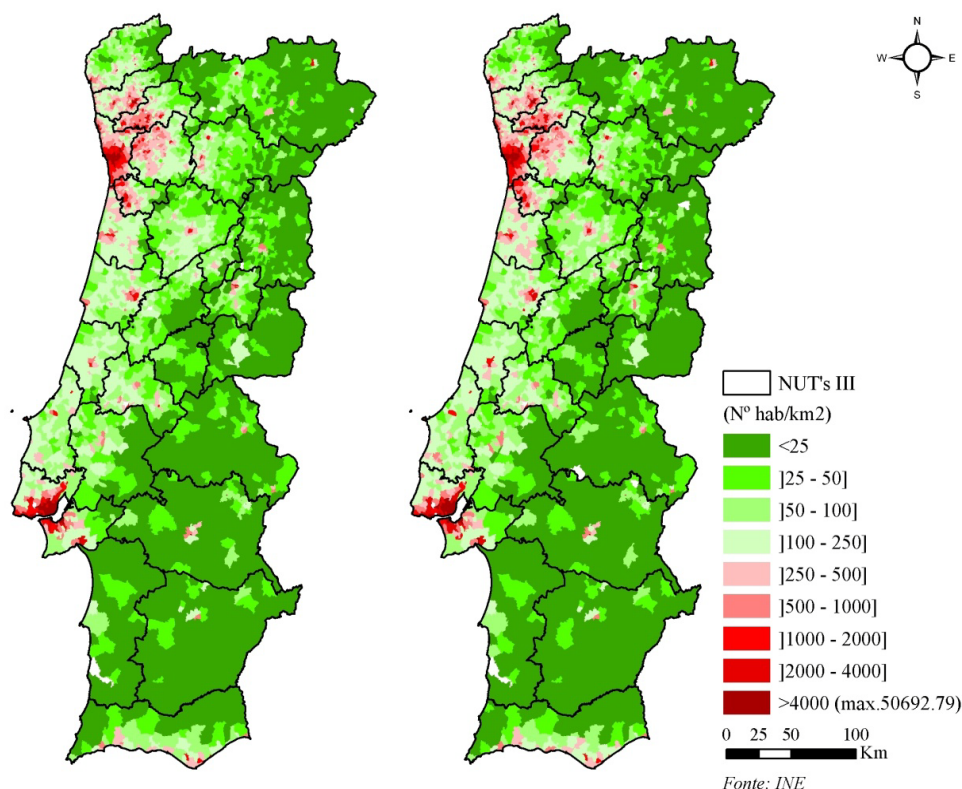


Figura 2. Densidade populacional por freguesia em 1991 e 2001

Analisando a tipologia das freguesias¹ (Figura 3) é perceptível a forte expressão territorial dos territórios rurais. As freguesias classificadas como Áreas

¹ A tipologia de áreas urbanas, para fins estatísticos, é o resultado de um trabalho conjunto desenvolvido pelo INE e pela DGOTDU desenvolvido em 1998 e que consiste numa classificação das freguesias em três categorias: APU (área predominantemente urbana), AMU (área mediantemente urbana) e em APR (área predominantemente rural). Esta classificação baseou-se em critérios de natureza quantitativa e qualitativa. Nos primeiros, incluem-se as vertentes dimensão (associado à população de lugares) e densidade (densidade populacional das freguesias). Nos segundos, destacam-se critérios de funcionalidade e planeamento.

Predominantemente Rurais (APR) representam 70% da área do território continental e detinham em 2001 apenas 14,5% do total da população residente. Por outro lado as freguesias classificadas como Áreas Predominantemente Urbanas (APU) ocupavam apenas 21,7% do território continental e continham mais de 75% da população residente.

Se analisarmos o território continental através da classificação do EUROSTAT² (Figura 4) as diferenças entre o Litoral e o Interior são ainda mais claras; as freguesias consideradas como zonas pouco povoadas representam 82,42% do território continental e nelas residiam apenas 23,65% do total da população em 2001. Por outro lado, as freguesias densamente povoadas representam apenas 2,46% do território continental e concentravam em 2001, 44,32% do total da população residente, localizando sobretudo nas regiões da Grande Lisboa e Porto.

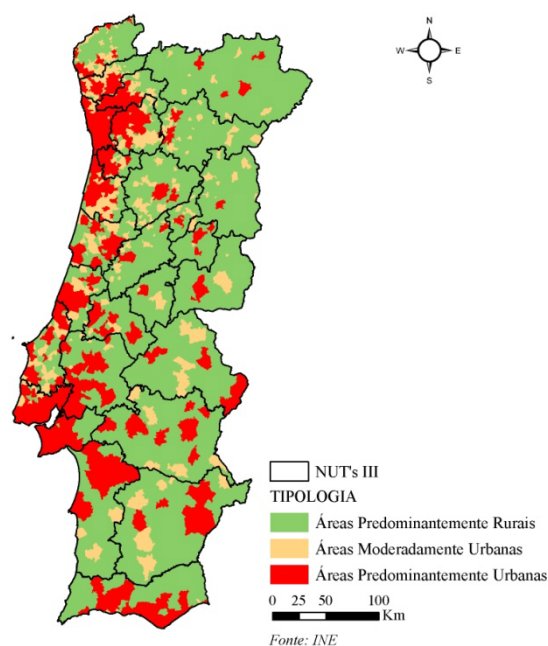


Figura 3. Tipologia das áreas urbanas (classificação do INE/DGOTDU, 1998)

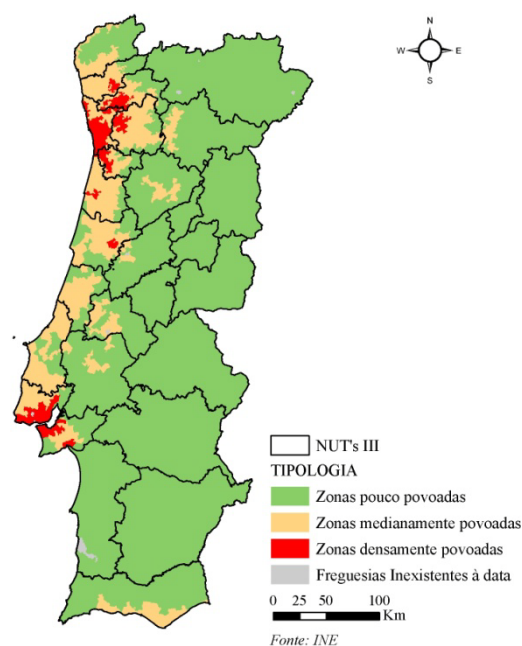


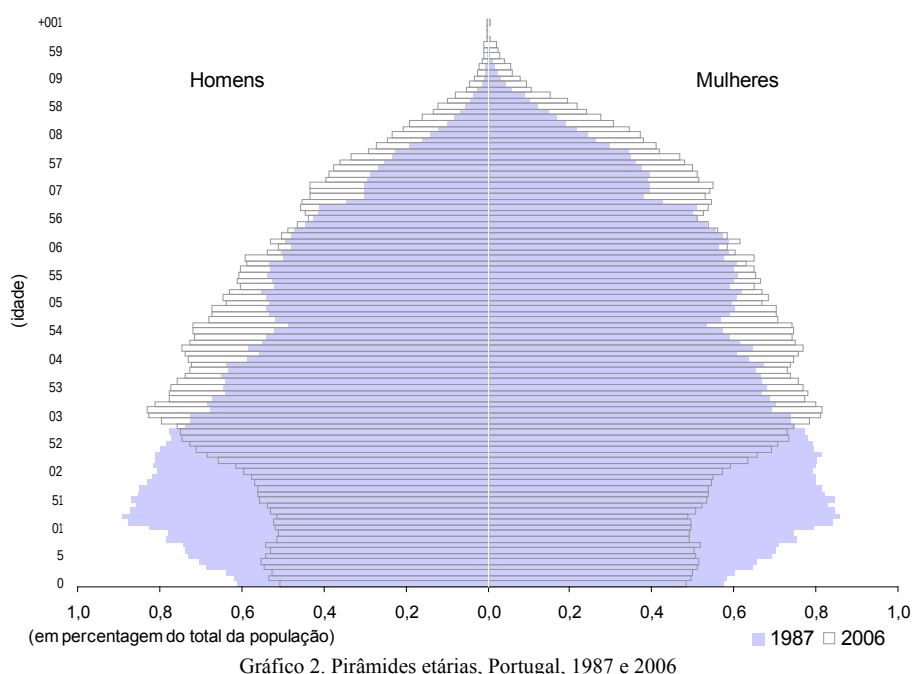
Figura 4. Tipologia das freguesias segundo o grau de urbanização (classificação EUROSTAT)

² Classificação das freguesias segundo o grau de urbanização (Eurostat) – Tipificação dos territórios nacionais que integram a União Europeia de acordo com o seu grau de urbanização. Esta classificação, que tem por base as unidades territoriais LAU 2 (freguesia, em Portugal), permitiu repartir o território dos Estados-Membros em três categorias (zonas densamente povoadas, zonas medianamente povoadas e zonas pouco povoadas), essencialmente através de critérios de densidade e dimensão populacional e é utilizada no âmbito de alguns inquéritos comunitários.

3. A ESTRUTURA ETÁRIA

As pirâmides etárias permitem de um modo simples e eficaz observar as modificações da estrutura demográfica, permitindo o confronto numérico entre as diferentes idades e os respectivos sexos (Leite, 2002). A análise comparativa das pirâmides etárias de 1987 e 2006 (Gráfico 2) revela um claro fenómeno de duplo envelhecimento demográfico em Portugal consubstanciado no estreitamento da base da pirâmide provocado pela redução dos efectivos populacionais jovens nas idades compreendidas entre os 0 e os 25 anos de idade e pelo alargamento do topo da pirâmide, correspondente ao acréscimo de efectivos populacionais idosos. Na última década do século XX a população jovem diminui de tal forma que em 2001, pela primeira vez, o número de idosos superou em termos absolutos o número de jovens em Portugal.

Analisando a representação da distribuição da população verifica-se igualmente um acréscimo da proporção de indivíduos em idade activa, sobretudo entre o sexo masculino, provavelmente devido aos movimentos de entrada de imigrantes, mais fortes naquelas idades (INE, 2003, p.30).



Fonte: INE

A evolução da natalidade e da mortalidade (Gráfico 3) permite identificar as causas para as alterações nos extremos da pirâmide etária anteriormente referidos.

Pouco tempo após a revolução de 25 de Abril, o País registou um forte quebra na natalidade que durou cerca de 20 anos a estabilizar. À entrada do século XXI regista-se mesmo um ligeiro aumento do número de nascimentos mas que rapidamente se inverte, continuando até aos dias de hoje a diminuir, embora a um ritmo francamente menor que nas ultimas 3 décadas do século anterior.

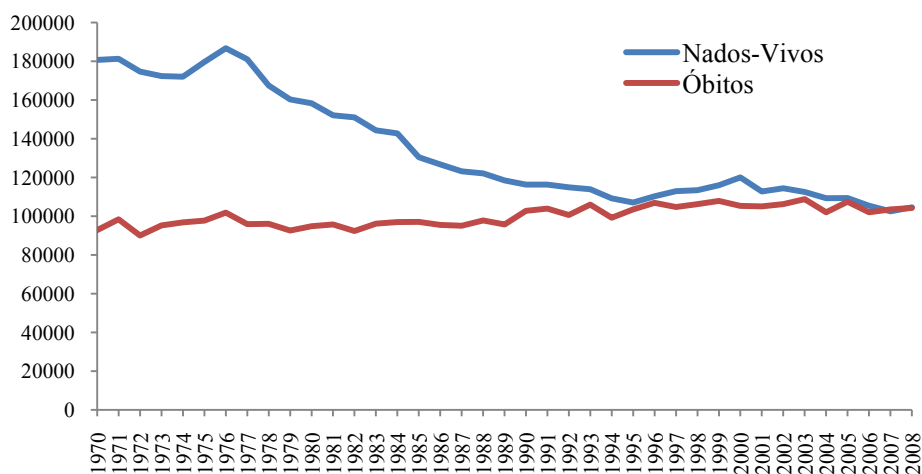


Gráfico 3. Evolução dos Nados-vivos e Óbitos em Portugal entre 1970 e 2008

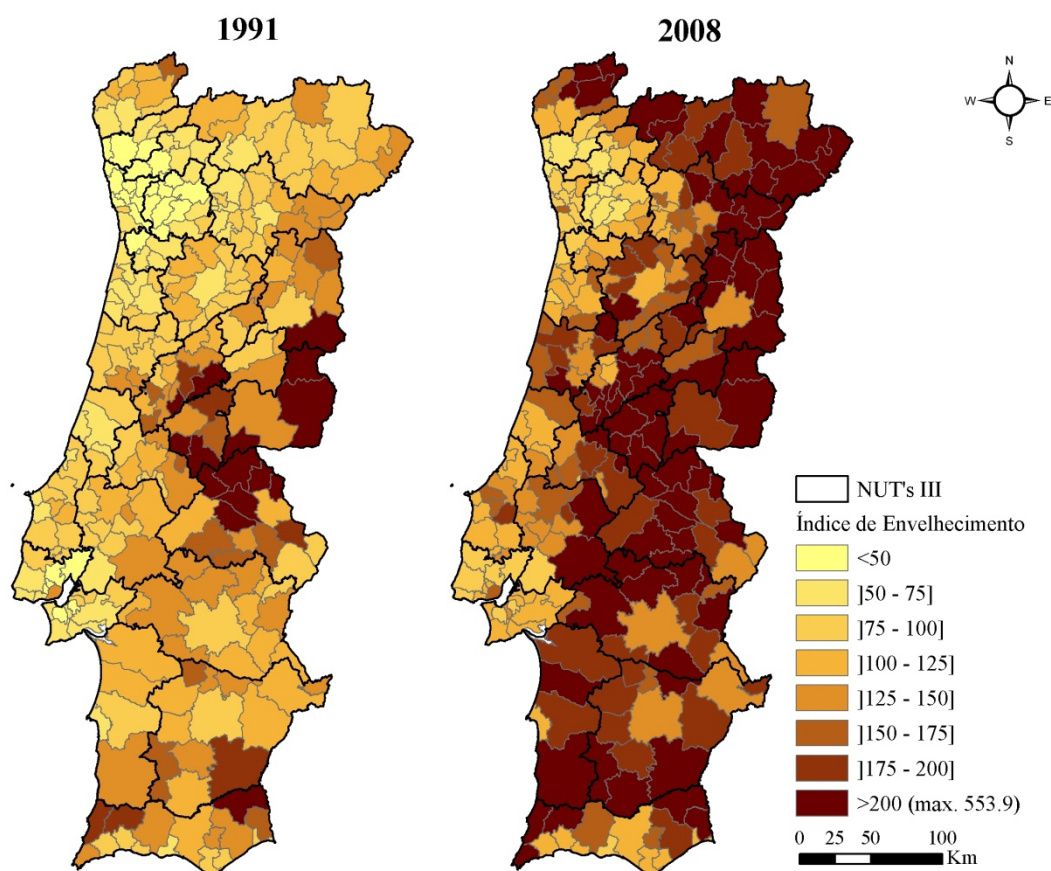
Fonte: INE, Nados-vivos e Óbitos

No que diz respeito à mortalidade, esta tem vindo a aumentar ao longo dos tempos mas a um ritmo muito lento (0,32%/ano) fruto das melhorias da qualidade de vida e no acesso a melhores cuidados de saúde que levaram mesmo a um aumento da esperança média de vida e ao consequente alargamento do topo da pirâmide.

Em 2007 o saldo natural do País atingiu pela primeira vez valores negativos. Esta evolução teve um substancial impacto no envelhecimento demográfico do País. Se analisarmos a variação do índice de envelhecimento³ por concelho entre 1991 e 2008 (Figura 5) podemos constatar que o envelhecimento ocorreu em todo o território continental, **não havendo nenhum município** que registasse uma diminuição ou estagnação deste índice. No entanto, o Interior continua a apresentar os maiores valores de envelhecimento com as NUT III Alto Trás-os-Montes (+122.3), Pinhal Interior Sul (+117.6) e Serra da Estrela (+105.2) a registarem os maiores aumentos no período analisado.

³ Índice de Envelhecimento = Relação entre a população idosa e a população jovem, definida habitualmente como o quociente entre o número de pessoas com 65 ou mais anos e o número de pessoas com idades compreendidas entre os 0 e os 14 anos (expressa habitualmente por 100 pessoas dos 0 aos 14 anos).

Por outro lado, as regiões mais jovens situam-se logicamente no Litoral. A região Norte, apesar do forte envelhecimento registado no Interior, continua a ser, a região mais jovem do País, em particular as NUT III do. Ave, Cávado e Tâmega que apresentam os mais baixos valores do índice de envelhecimento. Nas restantes regiões do País (Centro e Sul), nenhuma NUT III regista um índice positivo, i.e., menos idosos que jovens, e mesmo a região da Grande Lisboa, uma região tradicionalmente dinâmica, apresenta um índice de **110,7** em 2008.



Fonte: INE, *Estimativas Anuais da População Residente*.
 Figura 5. Índice de Envelhecimento por município em 1991 e 2008

4. A TERCIARIZAÇÃO DO EMPREGO

Em 2001, o peso da população do continente empregada no sector terciário era de 59,7% (2.657.432 indivíduos), representando um crescimento face a 1991, em termos absolutos, de 641.410 indivíduos o que perfaz um crescimento médio anual de 0,86%. A desagregação territorial da evolução da estrutura do emprego por NUT III (Gráfico 4 e Gráfico 5) permite confirmar que foi nos territórios onde o sector primário ainda

apresenta um peso relativamente significativo que se registaram as principais reduções demográficas (NUT's III de Alto Trás-os-Montes, Douro e Pinhal Interior Sul). A perda de rendibilidade do sector agrícola aliado à falta de emprego nos territórios do Interior e à maior vitalidade económica do Litoral provocaram efeitos de atracção/repulsão nos vários territórios originando fenómenos de migração interna das populações.

No Norte Litoral dominam as actividades secundárias na maioria das NUT III, com a excepção da NUT do Grande Porto, onde se localizam os principais centros de serviços da região, apresentando esta uma elevada percentagem de activos no sector terciário. Nas Regiões Litoral Centro e Sul e Algarve predominam os activos terciários registando-se em praticamente todas as NUT III valores superiores a 50% de população empregada neste sector de actividade.

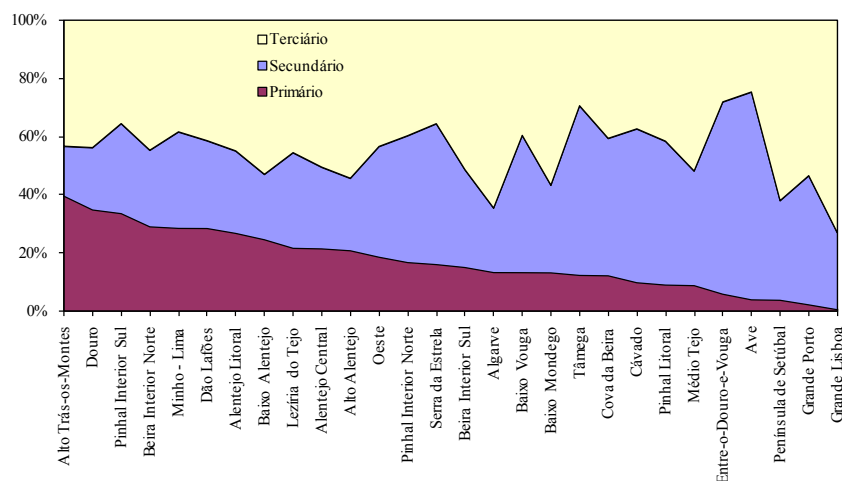


Gráfico 4. População Activa por Sector de Actividade em 1991

Fonte: IN E

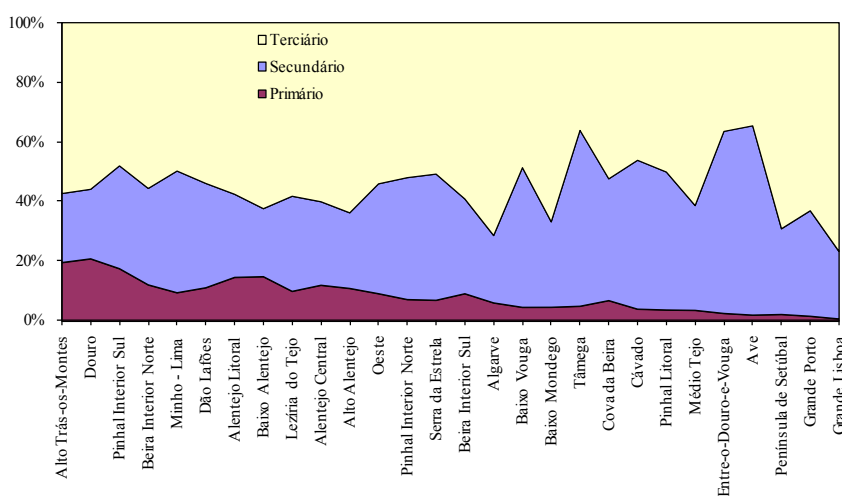


Gráfico 5. População Activa por Sector de Actividade em 2001

Fonte: IN E

Apesar dos territórios do Interior apresentarem em 2001 ainda relativas fortes dependências do sector primário, a evolução da última década censitária revela-nos que a tendência global do País é de intensificação do emprego terciário. Os gráficos anteriores demonstram-nos isso mesmo: as regiões que detinham em 1991 mais de 30% dos seus activos empregados no sector primário (Alto Trás-os-Montes, Douro, Pinhal Interior Sul, etc.) viram essas percentagens reduzidas para menos de 20% nos últimos 10 anos e registaram consequentemente um aumento da mesma ordem ao nível do emprego terciário. Mesmo as NUT III que já em 1991 apresentavam reduzidas percentagens de activos primários (Grande Porto, Península de Setúbal, Ave, etc.) viram esse peso diminuir ainda mais em relação aos restantes sectores de actividade.

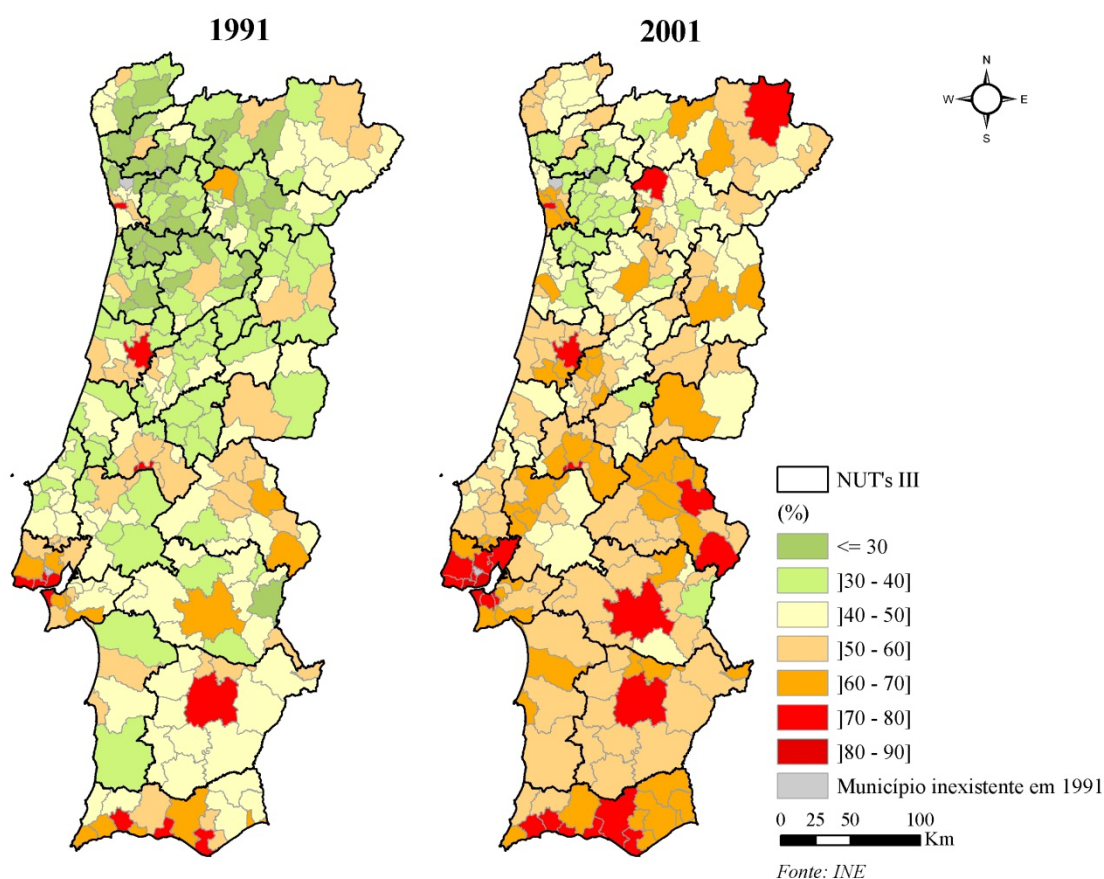


Figura 6. Percentagem da população residente activa empregada no sector terciário por município (1991 e 2001).

A evolução municipal do peso do sector terciário no emprego ocorrida na última década intercensitária (Figura 6) é reveladora da intensidade do processo de “terciarização do emprego” em praticamente todo o território continental. Nas regiões do Interior a grande maioria das capitais de distrito apresentavam em 2001 um peso

superior do sector terciário superior a 70%, com excepção de Viseu, Guarda e Castelo Branco na região centro do País.

Os territórios envolventes do Grande Porto são aqueles onde ainda persiste um domínio das actividades secundárias nomeadamente nas fileiras do têxtil, calçado e construção civil nomeadamente nos municípios das NUT III Ave, Tâmega e Entre-o-Douro-e-Vouga.

Esta tendência de terciarização do emprego implicou fortes alterações na estrutura do povoamento das várias regiões, sobretudo nas regiões mais interiores onde a estrutura urbana é débil e fortemente polarizada por conjunto de cidades médias que detêm a quase totalidade dos serviços públicos da região. Esta concentração de serviços quiçá inevitável uma vez que no Interior, apenas nas cidades médias se atinge a massa crítica mínima necessária para viabilizar a instalação de determinados serviços públicos, leva a que cada vez mais a tendência do povoamento seja o da concentração urbana e abandono das áreas rurais, levando a uma rápida desertificação dos territórios rurais.

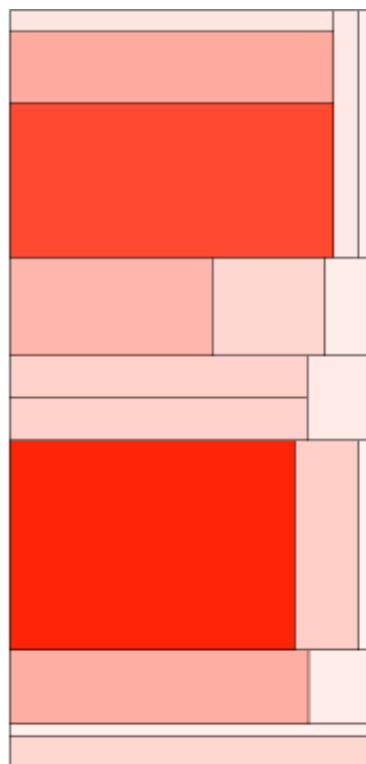
5. SÍNTESE

O sistema urbano Português é caracterizado várias vezes por uma macrocefalia bicéfala centrada nas cidades de Lisboa e Porto (Salgueiro, 1992, p.67) mas com uma recente tendência consistente de “urbanização total” do litoral e de afirmação de algumas cidades e eixos urbanos no interior (Gaspar, 2003, p.31). Lima (2008) representa de uma forma inequívoca esse desequilíbrio territorial através da utilização de *Treemaps*⁴ para representar o peso demográfico dos distritos portugueses (Figura 7 e Figura 8) onde é visível que o peso demográfico do litoral Noroeste e de Lisboa “esmagam” totalmente os correspondentes territórios interiores.

⁴ Treemap é um método de visualização de dados criado por Ben Shneiderman da Universidade de Maryland nos EUA. Inventado em 1991, o método Treemap tem sido recorrentemente usado em projectos que lidam com a visualização de informação hierárquica num espaço restrito.



Figura 7. Concentração da população por distritos

Figura 8. Representação *Treemap* do número total de habitantes por distrito (área de cada rectângulo = população)

Estas transformações demográficas provocaram certamente fortes convulsões na rede escolar do ensino básico português, nomeadamente ao nível da dinâmica quantitativa e espacial da procura escolar. As inversões nas estruturas etárias registadas nos territórios do interior de Portugal, associadas aos fenómenos de concentração urbana registados nas últimas décadas, indiciam problemas de sobredimensionamento das redes escolares nos territórios rurais, e de subdimensionamento nas áreas urbanas. Assim, no Capítulo II é feita uma análise das dinâmicas ocorridas na última década em Portugal em termos das variáveis principais do sistema de ensino básico, nomeadamente a procura e a oferta escolar bem como de indicadores de desempenho da rede escolar como as taxas de escolarização e a dimensão média do parque escolar. Sendo esta análise feita com um elevado grau de desagregação territorial, será possível identificar os territórios onde os desajustamentos das redes escolares são mais expressivos.

CAPÍTULO II.
A EVOLUÇÃO QUANTITATIVA DO ENSINO BÁSICO EM
PORTUGAL

Analisa-se de seguida a evolução das “duas variáveis do problema” – a procura e a oferta – do ensino básico em Portugal com particular incidência no 1º ciclo. Ao nível da procura, a caracterização compreende a evolução do nº de alunos inscritos nos vários níveis de ensino básico quer em termos globais no continente quer por NUT III e por município. Do lado da “oferta” elaborou-se um levantamento do nº de estabelecimentos de ensino existentes, desagregados pelos diferentes níveis de ensino, seguindo a mesma desagregação territorial da procura. A análise é ainda complementada com os dados das taxas de escolarização (bruta⁵ e real⁶) uma vez que a evolução destas duas variáveis constituem dados importantes quer para a avaliação do desenvolvimento do sistema de ensino quer para a compreensão de alguns processos de ajustamento da oferta face à procura.

A análise dos indicadores e valores globais do sistema foi elaborada com base nos dados estatísticos das séries cronológicas do Ministério da Educação entre 1977 e 2007, e a análise dos comportamentos territoriais efectuou-se recorrendo a dados de um período mais recente (1996-2007) utilizando-se para tal os dados dos anuários estatísticos regionais publicados pelo INE.

O cruzamento entre a procura e a oferta permitiu quantificar qual a resposta dada pelo sistema de ensino em termos da rede escolar disponibilizada face às alterações ocorridas na evolução demográfica do País nos últimos anos bem como quantificar o problema do desajustamento da rede escolar em Portugal.

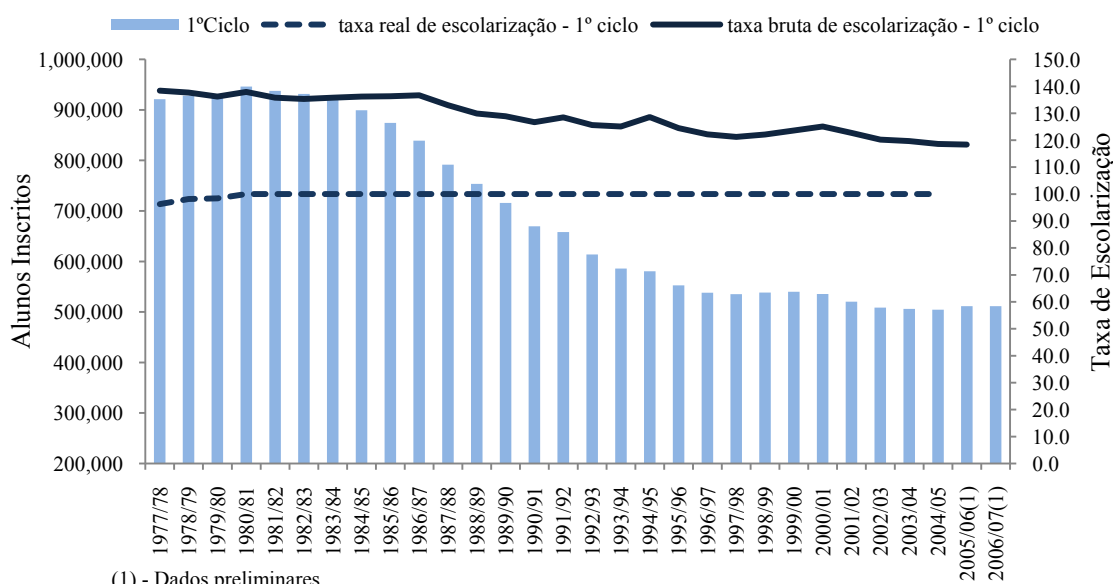
⁵ Taxa Bruta de Escolarização – Relação entre o nº de total de alunos de um determinado nível de ensino (independentemente da idade) e a população do grupo etário correspondente à idade oficial para o referido nível.

⁶ Taxa Real de Escolarização – Relação percentual entre o número total de alunos matriculados num determinado ciclo de estudos (independentemente da idade), e a população residente em idade normal de frequência desse ciclo de estudo.

1. EVOLUÇÃO DA PROCURA ESCOLAR

1.1. 1º Ciclo do ensino básico: duas décadas de fortes perdas

A evolução registada no território continental ao nível do número de alunos inscritos no 1º ciclo do ensino básico (CEB) revela uma diminuição acentuada ao longo das últimas 3 décadas (Gráfico 6) com particular incidência nas décadas de 80 e 90 onde a redução foi cerca de -3% de alunos/ano tendendo no entanto para uma estabilização desde o início do século XXI (-0,8% ao ano).



(1) - Dados preliminares

Gráfico 6. Evolução do nº de alunos inscritos do 1º ciclo e das taxas de escolarização do ensino básico em Portugal

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

Dado que a taxa real de escolarização do 1º ciclo atingiu os 100% em 1980 e manteve-se constante até os dias de hoje, a tendência regressiva dos efectivos inscritos neste nível de ensino acompanhou a dinâmica da natalidade registada, pese embora ainda algo empolados devido aos fortes valores da retenção perceptíveis pela elevada taxa bruta de escolarização que tem vindo no entanto a diminuir gradualmente ao longo dos anos. A título de exemplo refira-se que no ano lectivo de 1977/78 todas as crianças com 10 anos estavam escolarizadas mas 77,5% frequentavam ainda o 1º ciclo enquanto no ano lectivo de 2004/05 esse valor diminuiu para apenas 27%.

A terciarização da economia e a consequente alteração dos padrões socioeconómicos bem como o recente aumento globalizado da taxa de emprego feminino – 6,6%, de aumento da taxa de actividade da população activa feminina entre 1998 e 2007 face a apenas 0,6% da dos homens em igual período (INE, 2008) – provocaram uma forte alteração da estrutura familiar portuguesa. A forte entrada da mulher no mercado de trabalho, leva mesmo a que a maternidade seja cada vez mais uma opção ou a não considerar ou a adiar⁷, levando a uma inevitável quebra da taxa de fecundidade em Portugal e consequentemente a uma diminuição da procura no sistema de ensino.

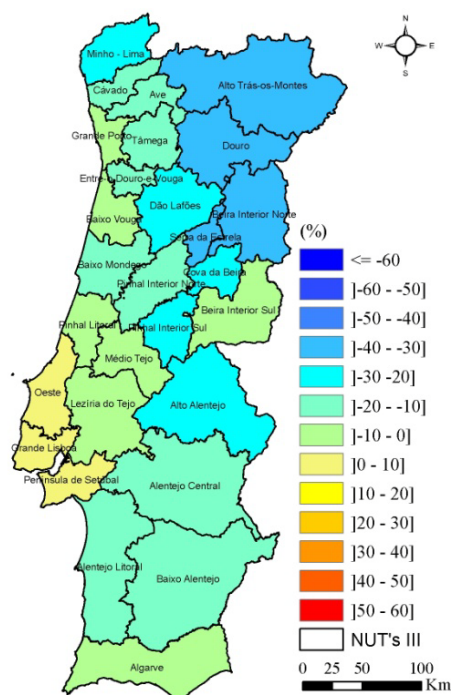
A evolução da procura em termos regionais (Figura 9) permite perceber que a região Norte, apesar de representar a maior fatia nacional da população do grupo etário correspondente a este nível de ensino (6 a 9 anos), registou as maiores perdas percentuais, sobretudo nas regiões mais periféricas, como é o caso das NUT III Douro e Alto Trás-os-Montes com perdas do número de alunos inscritos superiores a 30%. Igualmente com elevadas perdas apresentam-se as NUT III da região Centro Interior: Serra da Estrela e Beira Interior com perdas superiores a 30% “lideram” numa região onde nenhuma NUT registou, à semelhança da região Norte, aumento dos alunos inscritos neste nível de ensino. À medida que caminhamos para Sul as perdas mantêm-se mas as disparidades entre as NUT III do Litoral e do Interior esbatem-se um pouco, sobretudo na região do Alentejo. A região de Lisboa e Vale do Tejo apresenta as únicas NUT III onde a evolução foi positiva.

Desagregando a evolução do nº de alunos inscritos por município (Figura 10) podemos verificar que para as diminuições registadas ao nível do 1º ciclo contribuíram a grande maioria dos municípios do território continental uma vez que apenas 19% dos municípios do território continental registaram um crescimento do nº de alunos inscritos entre 1996 e 2007, estando estes sobretudo localizados na região da Grande Lisboa e Península de Setúbal.

⁷ Muita da força trabalhadora feminina está associada a empregos precários e de baixa remuneração sendo portanto difícil a criação de uma família algo numerosa (segundo os dados das Estatísticas do Emprego do 3º trimestre de 2009 do INE cerca de 67,6% dos trabalhadores não qualificados são mulheres). Por outro lado, o aumento das mulheres nas áreas de emprego associadas a graus de instrução médio ou superior levam a que cada vez mais a carreira prevaleça sobre a família (segundo a mesma fonte, 57,3% dos “Especialistas das profissões intelectuais e científicas” são igualmente do sexo feminino).

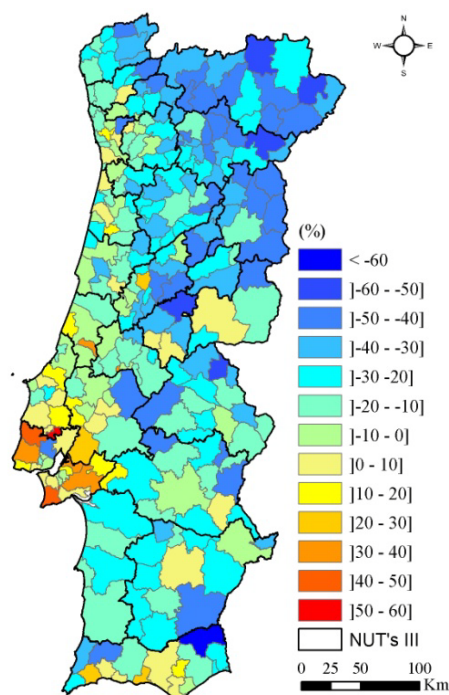
Os municípios com as maiores perdas registadas na procura deste nível de ensino (com perdas superiores a 50%) estão localizados em zonas bastante periféricas do Interior do território continental português, nomeadamente:

- Alcoutim (-60.2%) no Algarve;
- Castelo de Vide (-51.4%) no Alto Alentejo;
- Oleiros (-51.1%) no Pinhal Interior Sul;
- Torre de Moncorvo (-50.3%) no Douro;
- Vimioso (-56.4%) e Vinhais (-52.1%) em Alto de Trás-os-Montes.



Fonte: INE, Anuários Estatísticos

Figura 9. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 1º ciclo do ensino básico por NUT's III (1996-2007)



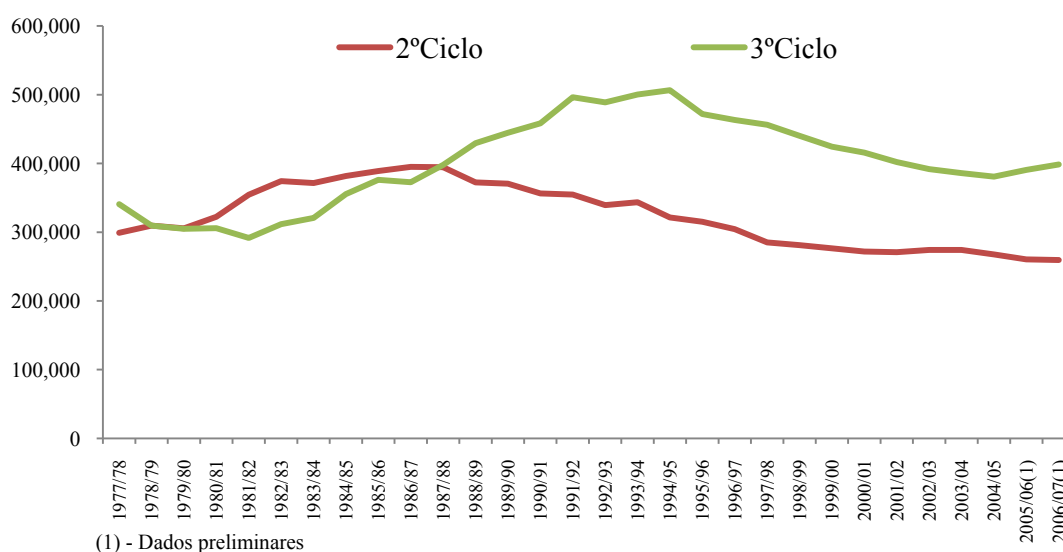
Fonte: INE, Anuários Estatísticos

Figura 10. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 1º ciclo do ensino básico por município (1996-2007)

O cenário de diminuição drástica da procura do 1º ciclo registado nas regiões do Interior foi contudo algo amenizado pelos valores dos principais municípios (capitais de distrito na sua maioria) que, beneficiando dos efeitos de polarização demográfica ocorridos que originaram uma migração acentuada de indivíduos dos territórios mais periféricos para os principais centros urbanos, compensaram a quebra de natalidade destes últimos e a consequente diminuição de entrada de efectivos no ensino básico.

1.2. 2 e 3º ciclos do ensino básico

Ao nível do 2º e 3º ciclo do ensino básico as dinâmicas ocorridas nos últimos 30 anos foram completamente diferentes das do 1º ciclo. Apesar da diminuição acentuada da população residente em idade escolar destes dois ciclos⁸, o número de alunos inscritos no 2º ciclo registou apenas uma diminuição de -13,3% entre os anos lectivos de 1977/78 e 2006/07 enquanto o 3º ciclo registou um aumento de 17% (Gráfico 7).



(1) - Dados preliminares
Gráfico 7. Evolução do nº de alunos inscritos e das taxas de escolarização do 2º e 3º CEB do ensino básico em Portugal
Fonte: (GIASE/ME, 2006a; 2006b)

Este comportamento algo antagónico da evolução dos alunos inscritos face à população é justificado por um lado pelos elevados valores da retenção e do abandono escolar registados ao longo das últimas décadas mas que foram diminuindo gradualmente, e por outro pelo sustentado aumento das taxas reais de escolarização (Gráfico 8) com particular destaque para o 3º ciclo do ensino básico com a entrada em vigor em 1986 dos 9 anos de escolaridade obrigatória. Apesar disso a quebra demográfica foi de tal maneira acentuada que estes fenómenos apenas conseguiram adiar a tendência regressiva da procura durante alguns anos uma vez que a partir de meados da década de 90 e até aos dias de hoje a diminuição de alunos nestes dois ciclos em sido constante.

⁸ Segundo os dados dos Censos 1981 e as Estimativas da População Residente do INE, a população entre os 10 e os 14 anos sofreu uma diminuição de -318.933 indivíduos entre 1981 e 2008, o que correspondeu a um decréscimo de -37,3%.

Analisando a dinâmica mais recente em termos territoriais é possível detectar que os comportamentos da procura entre 1996 e 2007 nas várias NUT III são análogos, ainda que com intensidades distintas. No 2º ciclo do ensino básico, todas as NUT III do continente registaram perdas significativas, acompanhando globalmente a evolução demográfica ocorrida (Figura 11). Os territórios que registaram maiores diminuições situam-se mais uma vez nas NUT III do Interior pese embora a diferença para com as regiões litorais seja menor do que no caso do 1º ciclo. As maiores perdas ocorreram nas NUT de Alto de Trás-os-Montes (-29%), Alentejo Litoral (-26,1%) e de Serra da Estrela (-24,9%).

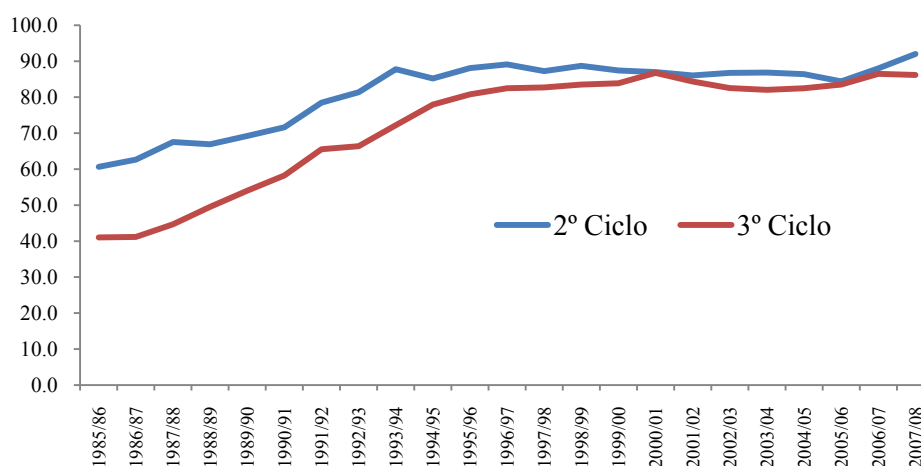


Gráfico 8. Evolução da taxa real de escolarização do 2º e 3º CEB

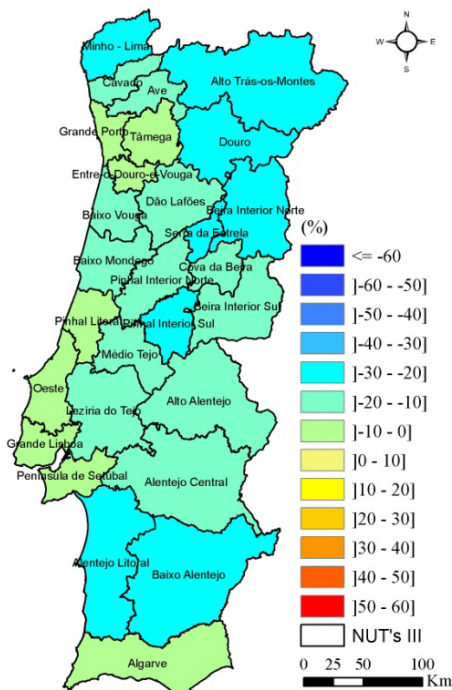
Fonte: GEPE – Ministério da Educação

Desagregando ainda mais os dados (Figura 12), identificam-se apenas 17 municípios onde a evolução do 2º ciclo fora positiva, estando cerca de metade destes localizados na região da Grande Lisboa e Península de Setúbal. No outro extremo localizam-se vários municípios com perdas superiores a 40% (68 dos 278 municípios) disseminados, a semelhança do que ocorre ao nível do 1º ciclo, por várias zonas do continente mas com uma maior expressão nos territórios do interior.

Já no que diz respeito ao 3º ciclo do ensino básico a realidade é algo diferente dos restantes níveis de ensino analisados (Figura 13). Ao nível das regiões do interior a evolução é igualmente negativa e em alguns casos com declínios ainda mais acentuados do que no 2º ciclo, no entanto a desigualdade Litoral-Interior tende a desaparecer,

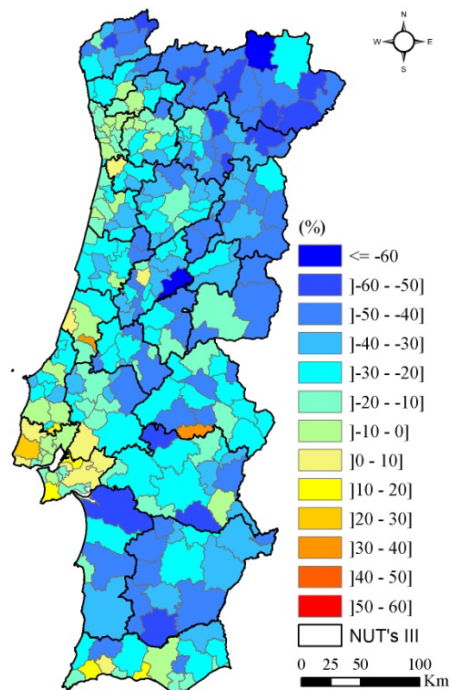
havendo mesmo NUT III do Litoral a registarem fortes quebras como o caso do Alentejo Litoral (-36,2%), do Baixo Mondego (-24,7%) e do Minho-Lima (-23,8%).

A NUT do Tâmega, com uma variação de +15,2%, foi a única a registar um aumento do número de alunos inscritos, apesar da diminuição acentuada da procura potencial. Este fenómeno de “compensação” ocorreu devido ao forte aumento das taxas de escolarização na região, conforme o demonstram os estudos desenvolvidos pela Comissão de Coordenação da Região Norte (CCRN, *et al.*, 1987; CCRN, *et al.*, 1996; CCDDR-N e Azevedo, 2003). Estes têm vindo consecutivamente ao longo dos últimos 20 anos a identificar a sub-região do Tâmega como uma **zona crítica** onde os indicadores de educação se revelam os mais baixos do País. É justamente nesta “*zona de transição*” entre a Área Metropolitana e o interior transmontano, constituída por áreas de média e elevada densidade populacional e com valores relativamente altos de população em idade escolar, economicamente caracterizada pelo domínio das indústrias de têxteis e calçado, que se registavam os maiores valores de trabalho infantil do País, o que explicaria em boa parte o enorme atraso educativo destas regiões face aos indicadores nacionais.



Fonte: INE, Anuários Estatísticos

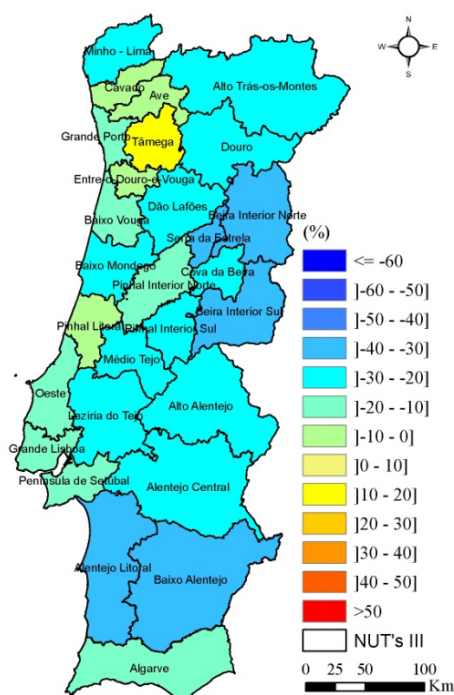
Figura 11. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 2º ciclo do ensino básico por NUT III (1996-2007)



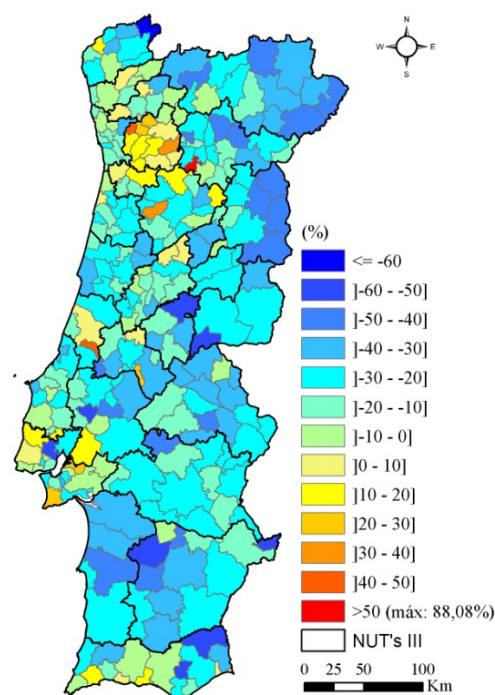
Fonte: INE, Anuários Estatísticos

Figura 12. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 2º ciclo do ensino básico por município (1996-2007)

Esses estudos revelam contudo na sua última edição (2003) um aumento considerável das taxas de escolarização entre 1991 e 2001 nestes territórios levando mesmo à afirmação de que as assimetrias regionais anteriormente verificadas tenderão a esbater-se, atingindo esta sub-região, num futuro próximo, valores próximos das médias nacionais desde que se mantenham e consolidem as políticas de forte investimento público e se assegure uma atitude de discriminação positiva, ainda que se admita que esse “*cenário de evolução por inércia*” não deva ser considerado totalmente satisfatório “...*, já que estes territórios...continuarão a somar a carga de novos atrasos aos pesados efeitos dos resultados das décadas anteriores, expressos, de forma especial, em franjas de população ainda jovem com índices de escolarização muito baixos*”(CCDR-N e Azevedo, 2003, p.53).



Fonte: INE, Anuários Estatísticos
Figura 13. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 3º ciclo do ensino básico por NUT III (1996-2007)



Fonte: INE, Anuários Estatísticos
Figura 14. Taxa de variação do nº de alunos inscritos no 3º ciclo do ensino básico por município (1996-2007)

Os dados mais recentes relativos a esta área do território indiciam uma clara melhoria dos níveis de escolarização da população jovem, registada pelo aumento significativo do número de efectivos escolares do 3º ciclo do ensino básico. Também as NUT envolvidas a esta última (Ave, Cávado e Entre-o-Douro-e-Vouga), onde a estrutura económica é semelhante, viram as suas taxas de escolarização evoluir muito favoravelmente nos últimos anos registando assim as menores perdas de alunos no País.

A análise da evolução à escala municipal (Figura 14) permite evidenciar ainda com maior ênfase o forte dinamismo da procura do 3º ciclo nos municípios da NUT Tâmega e em alguns dos municípios envolventes. Para além desta região os maiores aumentos registaram-se nos seguintes municípios:

- Tarouca no Douro (+88,08%);
- Batalha no Pinhal Litoral (+48,9%);
- Vouzela no Dão-Lafões (+30,9%);
- Constância no Médio Tejo (+26,3%).

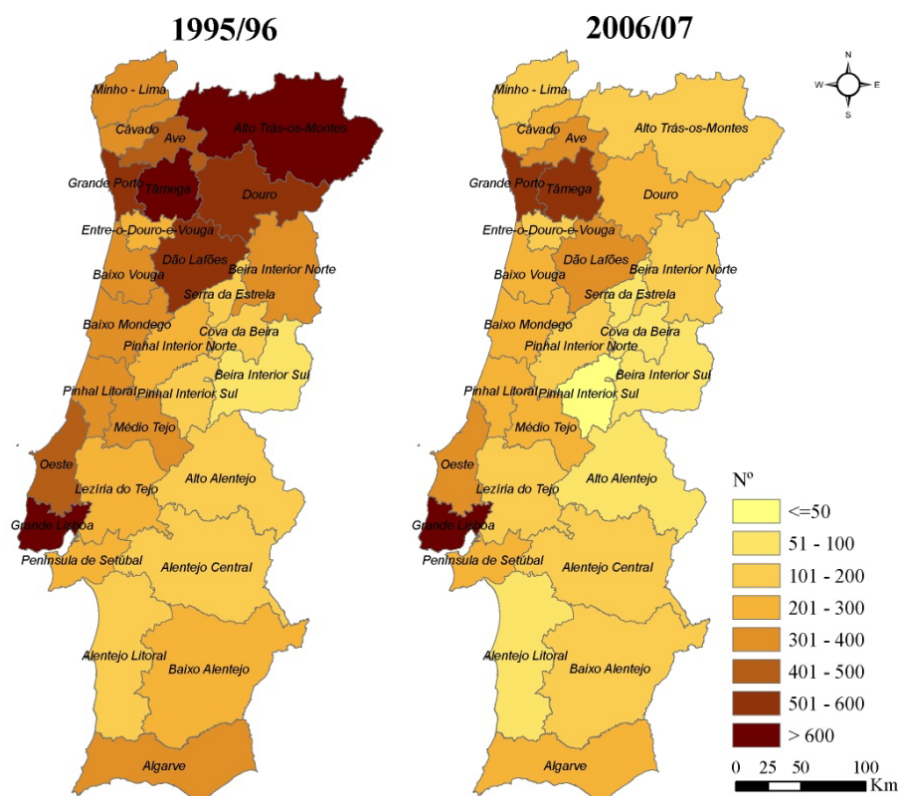
Os municípios onde a diminuição foi mais acentuada distribuem-se aleatoriamente por todo o território continental, mas ainda com uma maior incidência nos municípios fronteiriços.

2. EVOLUÇÃO DA OFERTA ESCOLAR

2.1. 1º Ciclo do Ensino Básico

No final do século XX a rede do 1º CEB era caracterizada por uma clara dicotomia: as áreas urbanas densamente povoadas apresentavam escolas sobrelotadas, funcionando muitas delas em regime duplo, e com insuficientes instalações e recursos que não garantiam uma resposta adequada às actuais necessidades educativas. Por outro lado, as áreas rurais, em particular na região Norte, apresentavam uma enorme dispersão geográfica de escolas na sua grande maioria de pequena dimensão e cujas tipologias e recursos se encontravam ultrapassados face às modernas exigências educativas.

No ano lectivo de 1995/96 existiam em Portugal continental, segundo dados do INE, 9.750 escolas do 1º CEB, sendo que destas, metade localizavam-se na região Norte do país e 13,4% na NUT II de Lisboa, estando as restantes distribuídas de uma forma mais ou menos homogénea pelo restante território (Figura 15).



Fonte: INE, *Anuários Estatísticos*
 Figura 15. Evolução do número de escolas do 1º ciclo do ensino básico por NUT III

Quando comparados os dados do número de alunos com a dimensão do parque escolar é perceptível a dicotomia referida: a NUT Alto Trás-os-Montes, que detinha nesse ano lectivo, 765 escolas do 1º ciclo, superiorizava-se à NUT III Grande Lisboa (763 escolas) apesar de possuir apenas 16,5% do total de alunos desta última. Esta forte dispersão de escolas na região Norte Interior justificava-se pelo seu modelo de povoamento, caracterizado pela disseminação de inúmeros aglomerados de reduzida dimensão (Figura 16) e onde a acessibilidade entre estes é bastante reduzida devido a uma orografia bastante acidentada e a uma consequente débil rede rodoviária, levando a que o processo de concentração do parque escolar seja bastante mais difícil de ocorrer.

De modo a reforçar esta perspectiva e por contraponto a esta realidade de povoamento, atente-se ao caso da região do Alentejo onde o modelo de povoamento é totalmente inverso, predominando a concentração populacional em poucos centros urbanos assentes numa orografia favorável, havendo portanto uma reduzida dispersão que favorece a concentração do parque escolar e a facilidade em reajustá-lo face à evolução da procura. A dinâmica do parque escolar do 1º ciclo apresentada na figura 17

permite confirmar isso mesmo: os municípios a Sul do Tejo apresentavam em 1996 as menores dimensões do parque escolar do 1º ciclo apesar de apresentarem dimensões demográficas semelhantes às dos municípios do Interior Norte e Centro. A dimensão média das escolas rondava os 56 alunos enquanto nas regiões do Interior Norte e Centro esse valor era de cerca de 23 alunos.

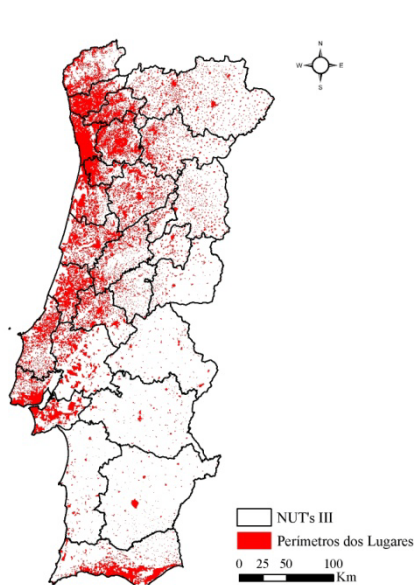


Figura 16. Lugares estatísticos do Continente

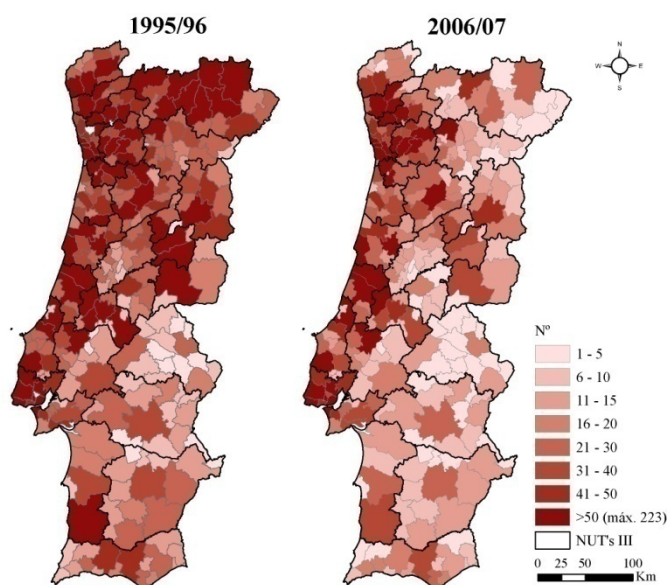


Figura 17. Evolução do número de escolas do 1º ciclo do ensino básico por município

Apesar de este desajustamento estar diagnosticado há já mais de 20 anos⁹, até meados da actual década pouco ou nada foi feito para se mudar esta realidade em termos de reordenamento do parque escolar. Entre os anos lectivos 1995/96 e 2001/02 foram encerradas 807 escolas, enquanto entre os anos lectivos de 2001/2002 e 2006/2007 foram encerradas 2452 escolas sendo a grande maioria encerrada neste último ano lectivo (Gráfico 9).

⁹ O Decreto-Lei n.º 35/88 de 4 de Fevereiro previa já no seu articulado, nomeadamente no ponto 3 do artigo 70º que “*Sempre que uma escola deixar de ter frequência superior a dez alunos, será o funcionamento da mesma suspenso, salvo casos excepcionais, a fundamentar em despacho do director escolar.*”

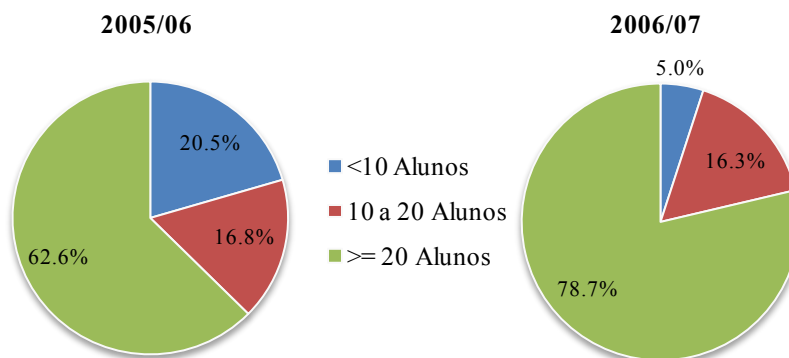


Gráfico 9. Estabelecimentos de ensino que leccionam o 1º Ciclo por escalão de dimensão (2005/06 e 2006/07)

Fonte: GIASE/ME- Recenseamento Escolar Anual - Inquérito Preliminar

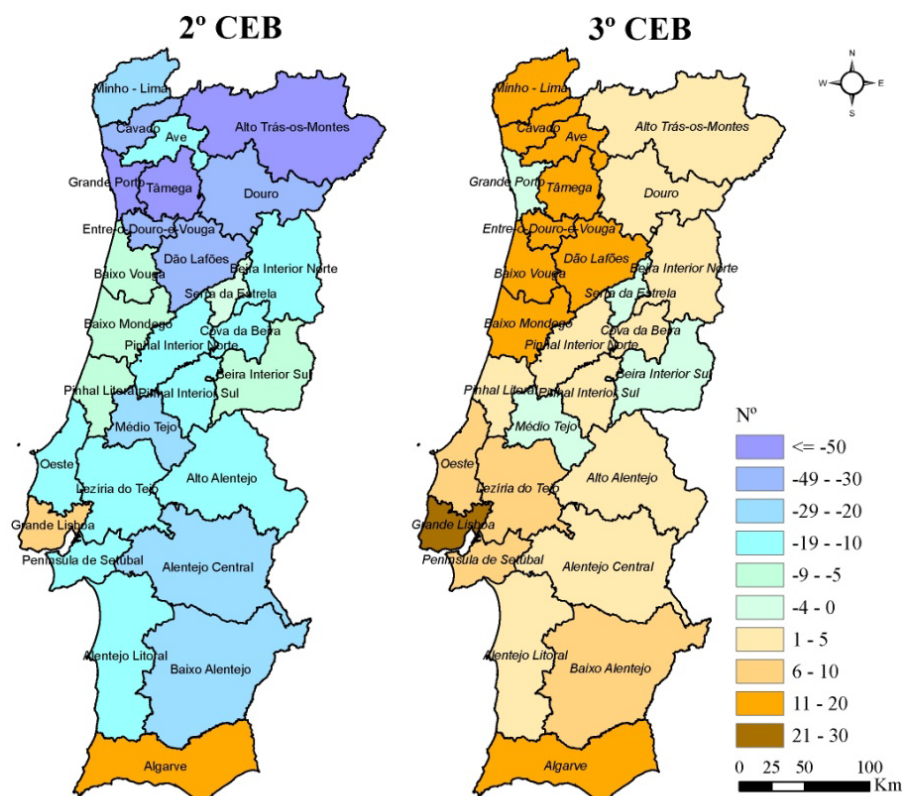
Segundo os dados do Ministério da Educação, no ano lectivo de 2005/2006 existiam 1593 escolas que leccionavam o 1º ciclo do ensino básico com menos de 10 alunos e num ano lectivo apenas este número passou para 315 tendo a grande maioria destes encerramentos ocorrido na região Norte do país, com particular intensidade nas NUT Douro e Alto Trás-os-Montes.

2.2. 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico

Ao nível do parque escolar do 2º ciclo do ensino básico a evolução recente é pautada por uma diminuição do número de estabelecimentos embora esta não tenha sido tão acentuada como a do nível de ensino anterior. Em termos regionais, as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto apresentam a maior quantidade de estabelecimentos de ensino, seguidas da Península de Setúbal e Algarve congregando estas quatro NUT no total cerca de 40% do parque escolar total deste nível de ensino. Entre 1995/96 e 2006/07 registou-se uma diminuição global de -618 escolas tendo ocorrido aumentos apenas em duas das 28 NUT III do Continente (Figura 18). As principais diminuições registaram-se no Norte sobretudo nas NUT do Douro e Alto Trás-os-Montes onde a diminuição foi superior a 60%.

Apesar desta diminuição, quando analisada a distribuição e evolução dos estabelecimentos por tipologia (Gráfico 10) é perceptível que as transformações ocorridas neste nível de ensino visaram substancialmente a modernização e actualização do parque escolar uma vez que a maioria dos estabelecimentos encerrados a partir de

1998 eram do Ensino Básico Mediatizado (EBM¹⁰) – uma tipologia criada em meados da década de 60 para dar resposta ao aumento da procura escolar inerente à passagem de 4 para 6 anos da escolaridade obrigatória, instalando-se em zonas rurais, isoladas e subdesenvolvidas ou suburbanas com grande densidade populacional, e que veio praticamente a terminar após cerca de 30 anos aquando da implementação efectiva da LBSE em 1998.



Fonte: INE, Anuários Estatísticos

Figura 18. Variação do número de escolas que leccionam o 2º e 3º ciclo do ensino básico por NUT III (1995/96 a 2006/07)

No 3º ciclo a evolução foi completamente contrária, ocorrendo um aumento generalizado da oferta deste nível de ensino, com especial incidência nas NUT do Norte e Centro litoral, Algarve e Lisboa, registando-se nesta última o maior crescimento de estabelecimentos que leccionam este nível de ensino. Esta dinâmica contrária à do 2º ciclo deve-se sobretudo ao facto da redução da procura potencial ter sido compensada pelo forte aumento das taxas de escolarização, conforme referido anteriormente no ponto 1.2, levando a que o sistema tivesse que dar resposta a uma maior população a escolarizar, sobretudo a partir da alteração da escolaridade obrigatória para 9 anos de

¹⁰ Este tipo de oferta formativa teve uma evolução em termos de designação evoluindo inicialmente de “Curso Unificado Telescola” (CUT) para “Ciclo Preparatório TV” (CPTV) e actualmente para “Ensino Básico Mediatizado” (EBM).

escolaridade. Verifica-se também pela análise do gráfico seguinte uma tendência para a integração vertical dos três ciclos do ensino básico através do aumento de escolas básicas integradas – EBI e EBI/JI –. Em cerca de 15 anos passou-se de apenas 27 escolas do conjunto destas duas tipologias para 125 o que correspondeu a um crescimento de 363%.

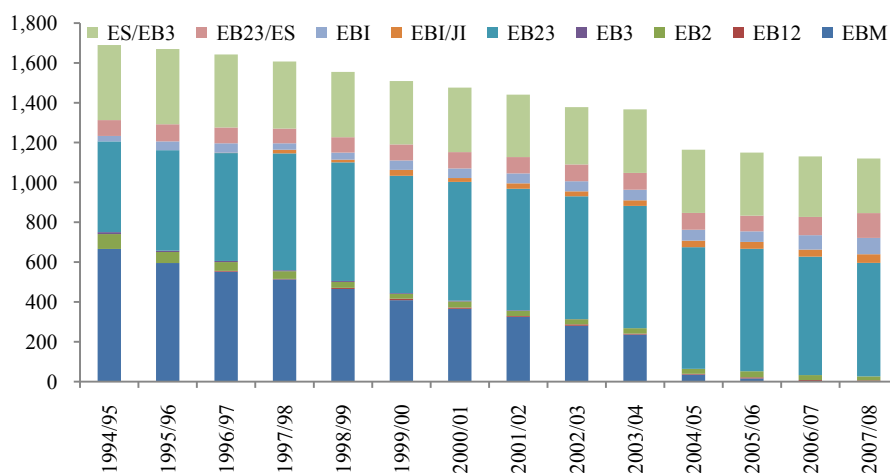


Gráfico 10. Estabelecimentos de ensino segundo o ano lectivo, por tipologia (1994/95 – 2007/08)

Fonte: (GEPE/ME e INE, 2009).

Actualmente as escolas EB23 são a tipologia dominante representando mais de metade do parque escolar público onde se leccionam estes níveis de ensino. A grande maioria destes estabelecimentos apresenta uma dimensão em termos do número de alunos adequada face aos referenciais do Ministério da Educação¹¹ no entanto subsistem ainda muitas escolas sobrelotadas.

Através do gráfico 11 é possível verificar que do total das 594 escolas EB23 do território continental cerca de ¼ encontra-se acima do limiar máximo de alunos definido nas normas. A maioria destes casos de sobrelotação ocorre nas principais áreas urbanas do país nomeadamente nas áreas metropolitanas e nas principais sedes de concelho.

¹¹ Segundo os critérios de programação do Ministério da Educação (DGOTDU, 2002) as escolas EB23 deverão ser dimensionadas para terem entre 240 e 750 alunos admitindo-se no entanto em casos particulares escolas com 200 alunos.

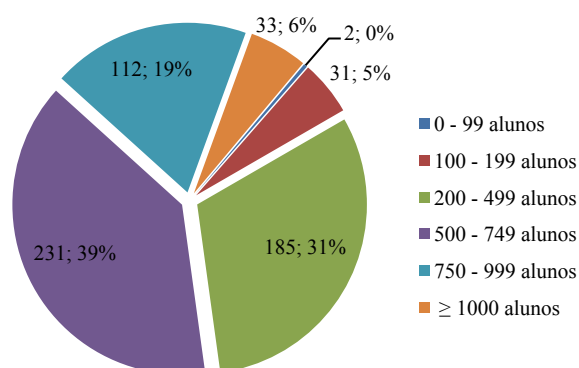


Gráfico 11. Escolas EB23 por escalão de dimensão no ano lectivo de 2007/08

Fonte: (GEPE/ME e INE, 2009).

Este problema, já identificado nas décadas de 80 (CNE/ME, 1993, p.27) e 90 (São Pedro, *et al.*, 2000, p.161) tem vindo a acentuar-se nos últimos anos fruto sobretudo dos processos de migração para as áreas litorais do País e pelos fenómenos de concentração nas principais áreas urbanas no interior, conforme já referido no ponto 2 deste capítulo. A figura 19 comprova isso mesmo, apresentando o parque escolar que no ano lectivo de 1996/97 ministrava os 2º e 3º ciclo e que foi considerado como sobrelotado, i.e. possuía uma taxa de ocupação superior a 100% e uma dimensão de turma superior a 24 alunos.

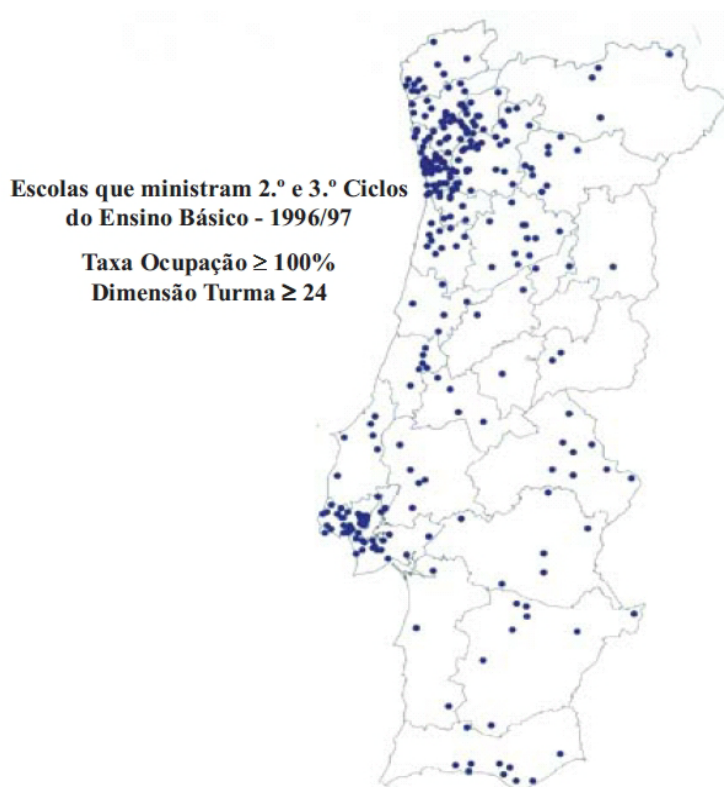


Figura 19. Escolas que ministram o 2º e 3º ciclo sobrelotadas em 1996/97 (adaptado de São Pedro, *et al.*, 2000)

3. SÍNTESE

A rede escolar do 1º ciclo do ensino básico assentou durante muitos anos numa lógica de grande proximidade territorial à procura, fruto da massificação do ensino básico ocorrida durante o Estado Novo. Essa rede, geograficamente disseminada, manteve-se praticamente inalterada até finais do séc. XX, não acompanhando as dinâmicas demográficas registadas sobretudo nos últimos 30 anos. Como consequência dessa estagnação, registavam-se no início do séc. XXI inúmeras situações de sobredimensionamento de escolas rurais onde prevalecia uma carência de meios, recursos e instalações qualificados que garantissem uma prática de ensino ajustada às actuais exigências, mas também uma forte sobrelotação de escolas urbanas, fruto das migrações populacionais para os centros das cidades e vilas sede de concelho, acarretando problemas de organização escolar e de disponibilização ajustada de meios e recursos escolares que garantissem uma eficaz prática de ensino.

A rede de escolas do 2º e 3º ciclo apresenta uma distribuição geográfica completamente diferente do nível de ensino anterior. O parque escolar é mais recente e encontra-se concentrado sobretudo nas principais áreas urbanas e sedes de concelho. Os principais problemas prendem-se com a sobrelotação destes estabelecimentos, sobretudo nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto.

Com vista a dar resposta a estes desfasamentos o Governo iniciou no final de 1999 um processo político, administrativo e técnico de reordenamento da rede escolar. Ao contrário do que sucedia até então a estratégia desenvolvida assentou numa lógica municipal de organização da rede escolar, cabendo às autarquias o planeamento e gestão do seu parque escolar ainda que estivessem “balizadas” por orientações centrais de índole técnica e política. Este processo de “*territorialização das políticas educativas*” (DAPP-ME, 2000a, p.7) ganhou corpo efectivo através da publicação do Decreto-Lei n.º 7/2003 onde, entre outras questões, é aprovado o processo de elaboração das cartas educativas. No Capítulo III será apresentado o conceito de carta educativa e analisada a expressão territorial do processo de reordenamento ocorrido na última década em Portugal. Serão ainda analisadas as dinâmicas e estratégias de reordenamento escolar ocorridas em Espanha e França, sobretudo no contexto dos seus territórios mais rurais

onde este trabalho se debruçará com particular atenção no estudo de caso apresentado no Capítulo VI. Estes dois países constituem bons modelos de comparação com Portugal sobretudo devido às suas semelhanças socioculturais e proximidade geográfica. O objectivo é perceber quais as estratégias desenvolvidas nestes países para responder a cenários semelhantes de evolução demográfica e de povoamento, bem como identificar as lógicas territoriais de reordenamento da rede escolar implementadas sobretudo nos territórios mais rurais, onde, à semelhança de Portugal, o grau de desajustamento entre a procura e a oferta era mais crítico.

CAPÍTULO III.
REORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA REDE
ESCOLAR DO ENSINO BÁSICO

Após a caracterização e análise das dinâmicas do contexto português e da evolução do sistema educativo efectuadas nos capítulos anteriores, importa agora perceber quais as respostas desenvolvidas em Portugal para responder às evoluções registadas em termos de procura de ensino de modo a garantir a adequação da rede escolar.

Antes contudo é feita uma breve caracterização, baseada em estudos e reflexões, dos processos de reordenamento escolar ocorridos em França e Espanha, onde os sistemas educativos e administrativos têm porventura décadas de avanço relativamente à realidade portuguesa. Pretende-se neste ponto não apenas avaliar as estratégias prosseguidas pelos países no reordenamento das suas redes escolares mas também tentar identificar critérios utilizados e metodologias de reordenamento. A escolha destes dois países assenta sobretudo nos critérios de proximidade geográfica e de identidade sociocultural face a Portugal.

Seguidamente é então feita uma caracterização do processo de reordenamento da rede escolar portuguesa ocorrido na última década, dando evidência ao contexto legislativo que permitiu a concretização do processo de territorialização das políticas educativas e à caracterização do instrumento de planeamento desenvolvido que constituiu uma efectiva rotura com as práticas de planeamento em vigor até então e permitiu uma execução reconhecidamente expedita do reordenamento da rede – a Carta Educativa – conforme constatado na análise do grau de implementação a nível continental do processo de reordenamento.

Procura-se igualmente caracterizar as escalas de reordenamento utilizadas neste processo de implementação das cartas educativas, comparando as escalas preconizadas nos instrumentos criados pelos serviços do ministério da educação e as efectivamente desenvolvidas pelos municípios.

1. AS EXPERIÊNCIAS ESPANHOLA E FRANCESA DE REORDENAMENTO ESCOLAR

1.1. Espanha

“A finales de los años setenta del siglo pasado, la escuela rural aragonesa estaba prácticamente muerta. Marginadas desde hacía tiempo, la mayor parte de las pequeñas escuelas de nuestros pueblos comprobaban impotentes su agonía, acelerada por unas concentraciones escolares impuestas al mapa educativo del medio rural a raíz de la Ley General de Educación (LGE).

(Jiménez, 2002, p.355)

Este era o cenário na Comunidade Autónoma de Aragão retratado por Jesús Jiménez Sánchez., Inspector da Direcção Provincial de Educação de Saragoça e autor de vários artigos sobre a escola no meio rural em Espanha, aquando da sua participação nas *V Jornadas de Estudios sobre Aragón en el umbral del siglo XXI*, em 2002 em Saragoça, sustentando-se nas conclusões da *II Escuela de Verano de Aragón* em 1978.

Este cenário era comum ao restante território espanhol. De facto, no contexto de forte industrialização da economia espanhola e do consequente êxodo rural, a LGE¹² ditou o encerramento acentuado de inúmeras escolas rurais através de uma “febre concentradora” em que “os funcionários *cumpridores*, incapazes de obrigar a cumprir um novo esquema de avaliação que dava mais oportunidades aos mais débeis, dedicaram-se a traçar linhas sobre os mapas de todas as províncias espanholas, sem se importarem demasiado com o facto de as suas decisões suporem o encerramento de um bom número de pequenas escolas”(Jiménez, 1993, p.98)

A LGE, procurando assegurar a escolarização obrigatória das crianças do mundo rural e otimizar económica e pedagogicamente o sistema, originou uma estratégia de redução acentuada do número de escolas unitárias onde os rácios alunos/professor eram mínimos (Carmena e Regidor, 1981), levou assim ao encerramento de muitas escolas rurais nos primeiros anos de implementação da lei (1971-72). Jiménez (2002, p.358) refere mesmo que a nova concepção da organização escolar em “grupos homogéneos” imposta pela LGE, onde se estabelecia que os colégios nacionais teriam pelo menos

¹² Ley 14/1970, de 4 de Agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa

uma sala por cada ano escolar do ensino básico, levou a uma aceleração do encerramento das escolas rurais incompletas (escolas onde ocorria o agrupamento de alunos de anos escolares distintos numa mesma turma). As estratégias adoptadas então pressupunham a adopção de uma de duas alternativas: os alunos das escolas a encerrar eram transportados quotidianamente para o centro escolar comarcal sendo igualmente garantida gratuitamente a alimentação, ou, caso as distâncias percorrer fossem grandes, eram criadas “*Escuelas-Hogar*” onde os alunos se mantinham toda a semana em regime de internato.

Entre 1973 e 1978 houve contudo uma redução na aplicação desta reforma educativa fruto de uma forte contestação social às concentrações escolares (Jiménez, 2002, p.359) e de uma redução do orçamento disponibilizado para a construção dos novos centros comarcais (Carmena e Regidor, 1981), provocada porventura também pela crise petrolífera ocorrida nesse mesmo ano de 1973. A redução do “*deficit funcional*” existente nas escolas rurais incompletas através da concentração escolar levou a melhorias significativas do sistema educativo mas a forma como a reforma foi implementada “*padece de tantos inconvenientes e foi feita com tão poucos recursos que se pode falar de um novo deficit funcional característico dos novos centros escolares derivado da aplicação indiscriminada deste tipo de soluções com a criação de verdadeiras macro-concentrações e da ausência de outras possíveis fórmulas alternativas ou intermédias*”(Carmena e Regidor, 1981).

A rede educativa de ensino primário assemelhava-se à altura a uma estrutura feudal onde o centro comarcal seria o castelo agregador das escolas rurais e povoados envolventes(Jiménez, 2002, p.360).

Até 1984 a estratégia desenvolvida para assegurar um dos principais objectivos da LGE (eliminar ou pelo menos reduzir as disparidades rurais e urbanas da educação básica), foi assim a de forte consolidação das escolas comarcais e encerramento das escolas mais pequenas suportando a mobilidade dos alunos num forte sistema de transporte escolar. Era à data crível pelas estruturas governativas de que esta era a melhor forma de assegurar um acesso adequado aos recursos educativos para todos os alunos. O relatório da OCDE de avaliação da política educativa Espanhola publicado em 1986, evidenciando aquela que seria a tendência a partir da publicação em 1984 da

Ley Orgánica del Derecho a la Educación que entre outros objectivos pretendia melhorar a qualidade da educação nas escolas rurais., sintetiza as três principais razões para alterar a estratégia concentradora aplicada até então, nomeadamente:

- A melhoria do desenvolvimento educativo e afectivo dos alunos. Da análise dos efeitos da concentração ocorrida nos últimos anos tornava-se então claro de que o recurso massivo ao transporte escolar foi uma estratégia errada e que o regime de internato nas *Escuelas-Hogar* deveria ser utilizado apenas como último recurso;
- Combate ao despovoamento e desertificação das áreas rurais, de modo a evitar as consequentes migrações para as cidades. O reconhecimento de que a ausência da escola nos meios rurais é factor de promoção do abandono rural.
- A forte reivindicação dos pais por uma escola próxima do local de residência.

Assim desenvolveu-se um plano para a regeneração das áreas rurais através de acções conjuntas de vários ministérios do governo central e entidades regionais o que levou a que em 1986 ainda existisse um número considerável de escolas unitárias e incompletas (CIDE, 1986).

De modo a superar os problemas da qualidade de ensino nestas escolas unitárias, implementaram-se gradualmente projectos de ensino itinerante onde um conjunto de professores assegura o ensino num conjunto de aldeias, apoiados num centro de recursos de aprendizagem localizado centralmente face ao conjunto de escolas rurais a servir. A região autónoma da Catalunha apresentou-se como o principal motor desta estratégia onde, por iniciativa dos professores, se implementou um programa de criação das *Zonas Escolares Rurales* (ZER). A avaliação feita então pela OCDE valoriza esta estratégia de desenvolvimento da educação em meio rural recomendando mesmo a sua ampla divulgação a nível internacional (CIDE, 1986, p.71). As ZER agrupam um conjunto de escolas, que pela sua especificidade geográfica, económica e cultural, se estruturam como unidades autónomas. A ZER é a unidade básica de organização da rede escolar e dispõe de recursos humanos e materiais próprios correspondentes às

necessidades geográficas e pedagógicas da zona. Cada escola mantém a sua identidade e singularidade mas a nível organizativo e pedagógico partilham um projecto comum entre todas a rede escolar da ZER.

Outro modelo de organização da rede escolar semelhante às ZER, que se desenvolveu globalmente em todo o território espanhol, foi o dos *Centros Rurales Agrupados* (CRA). Estes correspondem ao agrupamento de várias escolas unitárias de diferentes aldeia (por vezes de diferentes concelhos) numa estrutura com uma única identidade, organizativa e funcional, conservando cada escola a sua própria identidade cultural e social. A garantia de ensino é suportada por um conjunto de professores “itinerantes” que asseguram as componentes lectivas e complementares (música, educação física e inglês), recorrendo normalmente a um centros de recursos localizado no aglomerado principal do território do CRA.

Apesar do reconhecimento da especificidade da escola rural e do desenvolvimento de soluções de reordenamento da rede anteriormente referidas, o processo de encerramento de escolas rurais prosseguiu contudo em todo o território espanhol. Em 1986 o número de escolas rurais (unitárias+incompletas) era de quase 8.000; em apenas uma década esse número sofreu uma redução superior a 76% passando no ano lectivo de 1996/1997 para apenas 1.770. A redução continuou intensa nos finais do século XX, inícios do século XXI, sobretudo ao nível do encerramento das escolas unitárias: entre 1997 e 2007 registou-se uma redução de 70% no número de escolas unitárias e de 51% no número de escolas incompletas (Gráfico 12).

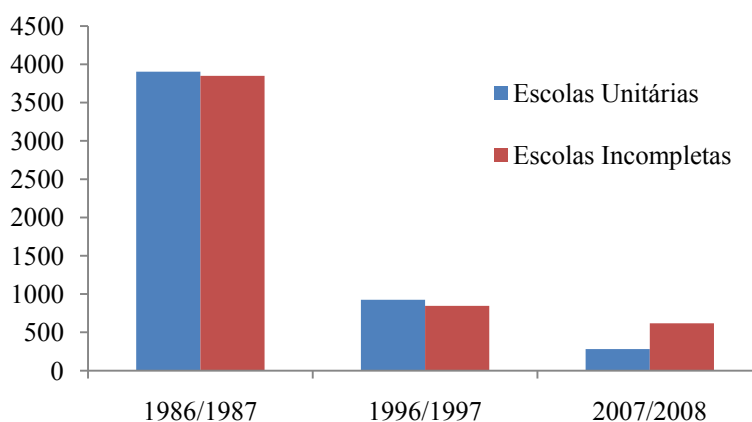


Gráfico 12. Evolução do nº de Escolas Unitárias e Incompletas em Espanha

Fonte: (Gómez, et al., 1988; España, 2000). Elaboração própria.

A distribuição territorial das dinâmicas de encerramento pelas comunidades autónomas apresentada nos mapas seguintes (Figura 20) revela que as reduções mais expressivas ocorreram nas províncias mais mediterrânicas, com particular destaque para a Catalunha, a Comunidade Valenciana, e também na Galiza. Não será de todo alheio a esta realidade o facto de ter sido justamente nestas três comunidades onde os processos de implementação das soluções anteriormente referidas foi mais expressivo, nomeadamente as ZER na Catalunha e Comunidade Valenciana e os CRA na Galiza.

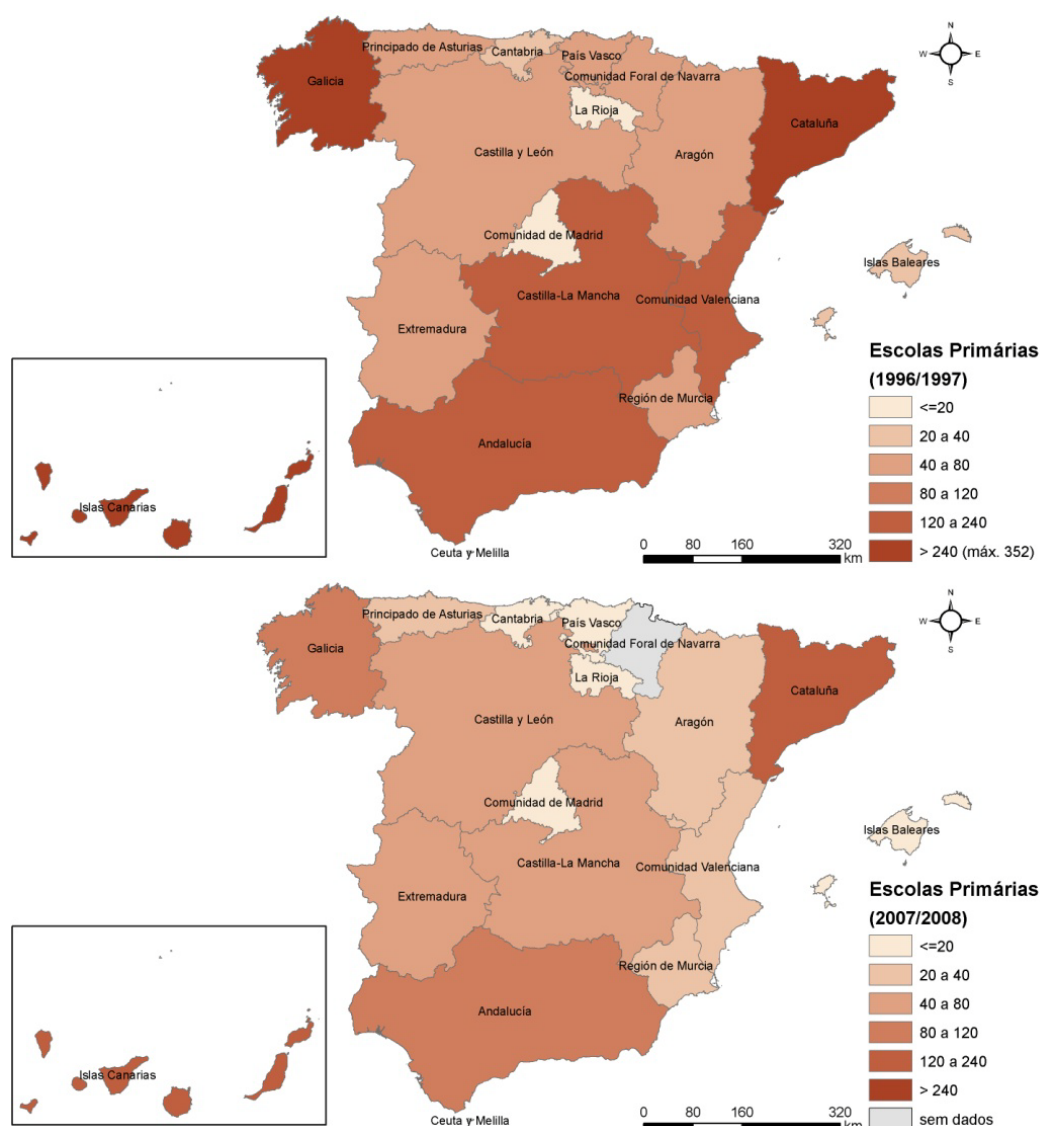


Figura 20. Evolução do nº de Escolas Unitárias e Incompletas em Espanha por Comunidade Autónoma

A “luta” por parte dos municípios mais rurais pela manutenção das suas escolas leva alguns deles a implementar estratégias de “último recurso” que passam inclusivamente pelo financiamento a famílias com vários filhos para se deslocarem para os seus territórios de modo a evitar que a escola local encerre. A esse propósito

reproduz-se aqui o caso do município de Ayódar da Comunidade Valenciana noticiado a 24 de Agosto de 2010:

“Ayódar perderá la escuela si en dos semanas no encuentra a una familia con hijos
El Ayuntamiento revive dos años después la misión de encontrar una familia numerosa
para no tener que cerrar el colegio para siempre”

VALENCIA, 24 Ago. (EUROPA PRESS)

El municipio castellonense de Ayódar se ha puesto el próximo martes 31 de agosto como fecha límite para encontrar una familia con hijos en edad escolar que quiera trasladarse a esta pequeña localidad de 240 habitantes y matricular a los niños en la escuela. A cambio, el Ayuntamiento está dispuesto a ofrecer un alojamiento gratuito a la familia que inscriba a sus hijos en el colegio.

Así lo ha explicado este martes a Europa Press el alcalde del municipio, Ramón Balaguer, quien ha recordado que hace dos años el Ayuntamiento ya se enfrentó a una situación similar y puso en marcha una iniciativa en la que, además del alojamiento, proporcionaba trabajo a la familia. En aquel momento, el consistorio encontró a una pareja con varios hijos.

"Lamentablemente", ha reconocido Balaguer, "esta familia se quedó sin trabajo y tuvo que marcharse". Ahora "no podemos ofrecer trabajo", ha explicado, por lo que se busca una familia con empleo estable en alguna localidad cercana, como Onda, que esté pagando un alquiler o hipoteca alta y prefiera vivir en Ayódar, donde no tendría que pagar el arrendamiento durante unos meses y podría disfrutar de la "tranquilidad" de este pueblo, enclavado en la parte septentrional del Parque Natural de la Sierra Espadán, ha declarado.

En estos momentos, la escuela de Ayódar tiene inscritos a tres niños y la Conselleria de Educación exige, según el alcalde, un mínimo de cinco. "Así que necesitamos a dos niños de entre tres y once años --antes del inicio del curso escolar-- para mantener abierta la escuela", ha concretado.

Aunque ahora el objetivo inmediato es evitar el cierre del colegio, Ramón Balaguer ha explicado que "la despoblación y envejecimiento es un mal endémico" de las comarcas del interior, lo que puede derivar en "una enfermedad que lleve a la muerte a los pueblos pequeños si las administraciones no toman medidas".

Fonte: Europapress. Disponível em <http://www.europapress.es/comunitat-valenciana/noticia-ayodar-perdiera-colegio-si-no-encuentra-familia-hijos-edad-escolar-antes-dia-31-20100824171117.html>, acedido em 20/10/2010.

Ao nível dos critérios de planeamento da rede escolar do ensino básico as normas espanholas não diferem muito das portuguesas. As escolas de ensino básico do 1º ciclo (em Espanha a designação equivalente é de *Centros de Educación Primaria*) necessitam no mínimo de ter uma sala por cada ano de escolaridade leccionado (o que perfaz no caso espanhol um mínimo de 6 salas) e o rácio de 25 alunos/turma (o *Consejo Escolar del Estado* apresentou nas propostas de melhoria do *Informe sobre el Estado y Situación del Sistema Educativo* do ano lectivo de 2008/2009 uma proposta de redução deste rácio para 20 alunos/turma).

A grande diferença ocorre no entanto ao nível do reconhecimento das diferenças entre áreas rurais e urbanas. O entendimento da disparidade de contextos demográficos e socioeconómicos entre as zonas rurais e urbanas em Espanha levou a que em 1994 o governo legislasse regras distintas para os requisitos mínimos das escolas rurais e urbanas. Assim, sempre que os povoados a servir tivessem menos de 1700 habitantes era autorizado o funcionamento de uma escola incompleta desde que a procura actual e previsível não justificasse uma escola completa e essa mesma escola apenas servisse esse mesmo povoado (BOE-A-1994-25839), permitindo-se assim a fusão de anos escolares numa mesma turma. Essa diferença acentua-se também no que diz respeito ao limiar mínimo de alunos para o funcionamento de uma escola primária: actualmente, as regras em Espanha, definem que as escolas rurais com **menos de 5 alunos** em locais onde as estimativas demográficas não venham a prever aumentos de procura escolar deverão ser encerradas e os alunos transferidos para a escola mais próxima em funcionamento.

Outra diferença relativamente a Portugal diz respeito à alocação dos alunos à escola; em Espanha é permitida a livre escolha de estabelecimento de ensino pelos pais, sendo definidas as regras prioritárias e complementares de selecção e ordenação dos candidatos à escola. As regras prioritárias são as mesmas para todo o território nacional (embora os seus pesos variam entre Comunidades Autónomas) nomeadamente:

- Rendimentos anuais do agregado familiar;
- Proximidade do domicílio ou local de trabalho de um dos pais;
- Irmãos matriculados na mesma escola;
- Existência de incapacidades
- Pais ou tutores que trabalhem na escola.

A organização dos territórios educativos não é assim definida previamente pelas entidades gestoras do parque escolar e as lógicas não são obrigatoriamente municipais, podendo o aluno frequentar a escola mais próxima se assim entender, independentemente da província/comarca/concelho onde reside.

1.2. França

A descentralização territorial das competências educativas em França poder-se-á afirmar que ocorreu há já quase dois séculos. Com a introdução da *Lei Guizot* de 29 de Junho de 1833, as comunas (equivalentes aos municípios em Portugal), ficaram responsáveis pela criação e manutenção da sua rede de escolas “elementares” (equivalentes às escolas primárias portuguesas), ou seja, segundo a expressão da época, pela componente “material” da educação enquanto o Estado assegurava a componente “espiritual” e a contratação dos professores. Na actualidade, esta repartição de competências é ainda mais alargada: o Estado determina os programas curriculares e as orientações pedagógicas, e a gestão do parque escolar (abertura, encerramento e manutenção de escolas) assim como a alocação de alunos é da responsabilidade das comunas. Os textos regulamentares mais recentes continuam conformados com as leis de base iniciais seguindo a mesma lógica organizativa do sistema educativo nacional como se pode confirmar no actual Código da Educação francês (ratificado pela lei nº 2003-339 de 14 Abril de 2003) onde se estipula no artigo L. 212-1, remetendo o mesmo para o artigo L. 2121-30 estipulado já em 1995 no código geral das colectividades territoriais, que “*é da competência do conselho municipal a decisão de criação e implementação de escolas maternas e elementares após aprovação do representante departamental do Estado.*”¹³

Apesar do aparente grau de autonomia desta distribuição de competências, o poder local esteve durante muito tempo sujeito às sucessivas orientações estatais emanadas sobretudo desde meados da década de 60. Até então a resposta genérica à diminuição de efectivos escolares nos meios rurais consistia sobretudo na junção de alunos de diferentes anos de escolaridade em turmas únicas, mantendo as escolas mais pequenas abertas, seguindo-se a orientação inicial da *Lei Guizot* de “uma escola em cada comuna”. Em 1964 uma directiva nacional, veio reformular completamente a política de reagrupamento em vigor e levou ao encerramento de inúmeras escolas das aldeias francesas e à reorganização de agrupamentos escolares. A mesma instruía os inspectores académicos a encerrar todas as turmas e escolas com menos de 16 alunos,

¹³ « (...) Le conseil municipal décide de la création et de l’implantation des écoles et classes élémentaires et maternelles d’enseignement public après avis du représentant de l’État dans le département. »

um critério que se mantém inalterado ainda nos dias de hoje.¹⁴ A fundamentação para esta opção baseava-se em argumentos pedagógicos segundo os quais era preferível agrupar os alunos em turmas pelo seu ano de escolaridade, em detrimento do agrupamento de alunos de anos distintos na mesma turma.

No contexto demográfico da época, marcado por um forte esvaziamento demográfico do mundo rural, onde um terço das comunas não possuía qualquer escola primária no seu território e 25% das escolas primárias possuíam apenas uma ou duas salas, as comunas rurais, entendendo a escola como um elemento fundamental para a sua sobrevivência, desenvolveram soluções que permitiram manter abertas muitas escolas que à luz da directiva deveriam encerrar – os Reagrupamentos Pedagógicos Intermunicipais (RPI)¹⁵ –. Estes integravam duas modalidades: os **RPI “dispersos”** e os **RPI “concentrados”**. Nos primeiros os alunos eram agrupados segundo o nível de escolaridade numa rede intercomunal de escolas, tendo a vantagem de permitir manter em funcionamento em cada comuna integrada no reagrupamento um ou duas turmas, mas acarretava também alguns inconvenientes como a onerosidade de manutenção de pequenas estruturas justapostas, a dificuldade de instalação de equipamentos pedagógicos diversificados e a dificuldade de concertação dos docentes das várias escolas (Safra, 1993).

Nos **RPI “concentrados”** a estratégia de reagrupamento era a de juntar todos os alunos do conjunto de comunas agrupando-os numa só escola central, permitindo criar uma escola de maior dimensão que viabilizasse mais serviços educativos e actividades extracurriculares mais diversificadas. Durante as décadas de 70 e 80 os RPI criados eram sobretudo do tipo disperso mas a partir de 1989 verificou-se um empenho particular da administração escolar em acelerar o processo de concentração promovendo a implementação dos RPI concentrados. No ano lectivo de 1997/1998 existiam em França 4.591 RPI dos quais 20% eram concentrados. A opção por um destes modelos variava em função da diversidade territorial, demográfica e geográfica das comunas,

¹⁴ O Código da Educação continua hoje a manter este critério, referindo no seu articulado “*que todas as comunas deverão ter pelo menos uma escola primária e que todos os lugares que distem mais de 3km da sede da comuna ou de qualquer outra aglomeração urbana, e que possuam pelo menos 15 alunos em idade escolar, deverão também possuir uma escola primária*” (“Toute commune doit être pourvue au moins d’une école élémentaire publique. Il en est de même de tout hameau séparé du chef-lieu ou de toute autre agglomération par une distance de trois kilomètres et réunissant au moins quinze enfants d’âge scolaire”)

¹⁵ RPI - *Regroupements Pédagogiques Intercommunaux*

mas o objectivo era comum aos dois modelos: manter as escolas abertas no meio rural. Após esta dinâmica de reagrupamento nas décadas anteriormente referidas, a ideia instituída a nível governamental de que as pequenas escolas, sobretudo as unitárias (as que possuíam apenas uma turma) eram o principal foco de insucesso escolar, levou ao encerramento de muitas escolas rurais até ao início da década de 90. Entre 1960 e 1990 foram encerradas mais de 11700 escolas unitárias, a uma média de quase 400 escolas por ano (Gráfico 13).

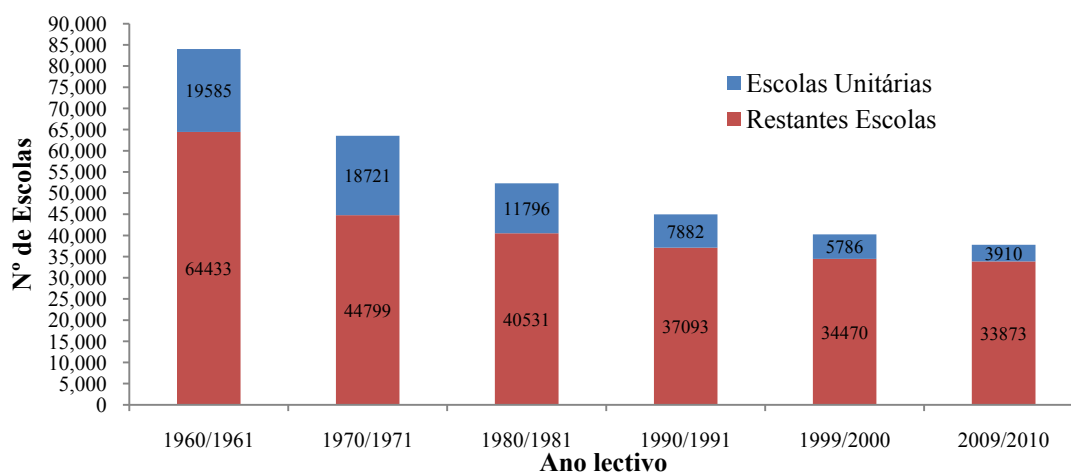


Gráfico 13. Evolução do número de escolas primárias (élémentaires) em França (1960- 2010)

Fonte: (MEN-MESR-DEPP, 2001; 2010). Elaboração própria

Contudo em 1993 houve um abrandamento desta tendência. O governo instaurou uma moratória que suspendia o encerramento ou a redução dos serviços públicos nas zonas rurais, permitindo assim estancar o processo e manter mesmo abertas as últimas turmas que outrora seriam encerradas em algumas das comunas rurais por não possuírem o mínimo de alunos estipulado. A decisão de encerramento teria agora de passar pela concordância do *maire* (equivalente a presidente de câmara) da comuna o que levou a um abrandamento significativo no ritmo de encerramento de escolas unitárias – em 1993 existiam ainda em França 7.780 escolas unitárias e até ao ano lectivo de 2009/2010 o ritmo de encerramento de escolas unitárias reduziu para cerca de metade (193 escolas/ano) do registado entre 1960 e 1990.

Progressivamente as decisões de reordenamento escolar passaram a ser contratualizadas entre o Estado e as comunidades locais, cabendo aos eleitos da comuna a decisão última de manter uma escola unitária aberta ou, no melhor interesse dos seus alunos, de a encerrar transferindo-os para uma comuna vizinha. Em 1994, a decisão nº

99 do Novo Contrato para a Escola (BO nº25 de 23 Junho de 1994) estipulava que as colectividades locais deveriam também participar no processo de decisão da carta escolar (alocação dos alunos às escolas) ao nível do ensino primário e que a rede escolar primária definida decorreria do estabelecimento de convenções entre as autoridades académicas representantes do Estado e as colectividades territoriais.

Em 1998 é dado mais um passo no sentido da gestão intercomunal da rede escolar em meio rural. O relatório de Jean-Claude Lebossé intitulado “Por uma nova dinâmica do sistema educativo em zonas rurais isoladas” veio pela primeira vez reconhecer a relação entre a escola e o desenvolvimento das zonas rurais e levou à publicação de uma circular do Ministério da Educação (BO nº 48 de 24 de Dezembro de 1998) onde são instituídas as Redes Rurais de Educação (RRE). O Estado, reconhecendo a fragilidade das zonas rurais, onde a escola primária constituía em muitos casos o último serviço público da aldeia, dá agora à escola uma importância significativa, colocando-a no centro de um projecto de colaboração intercomunal e departamental para a revitalização do mundo rural.

Os RRE então propostos não colocavam em causa os RPI criados nas décadas anteriores, mas constituíam um novo conceito de projecto educativo em rede sustentado em parcerias entre a administração central e as colectividades territoriais. Os RPI, que à data eram quase 4.600 e agrupavam cerca de 440.000 alunos permitiram manter em funcionamento uma rede escolar bastante capilar mas que precisava de um novo enquadramento, face às dinâmicas demográficas continuadas de esvaziamento demográfico e à necessidade de se implementar uma solução que abrangesse todas as comunas rurais.

Após a emissão da circular foram implementados progressivamente 246 *RRE's* em 46 departamentos franceses, agrupando em média 6 escolas cada e com uma dimensão média de 15 turmas e 300 alunos por *RRE* (Senat, 2006). Embora as *RRE*, tal como os *RPI* pudessem ser constituídos por comunas não pertencentes à mesma intercomunidade, rapidamente se percebeu que ambas as formas de agrupamento de

escolas teriam vantagens em estarem apoiadas em intercomunidades, sobretudo em *EPCI's*¹⁶ nomeadamente pela:

- Facilidade de diálogo em as comunas, a partilha de recursos escolares e a perequação financeira entre as escolas através do orçamento geral da EPCI;
- Disponibilidade de pessoal especializado para a gestão da rede escolar (que de outro modo as pequenas comunas não poderiam ter);
- Aumento da procura escolar local fruto da atractividade gerada pelos novos projectos educativos;

A organização da rede escolar a este nível permitiria assim romper o isolamento das comunas e levar a uma melhoria significativa da qualidade do serviço público de educação.

Para além da descentralização de competências em termos de planeamento da rede escolar primária, a possibilidade de se efectuar esse planeamento a nível intermunicipal encontra-se também claramente regulamentada no Código da Educação. No artigo L. 212-2 é referido que “*duas ou mais comunas podem-se agrupar com vista à criação e manutenção de uma escola*”, sendo mesmo esse agrupamento obrigatório quando existam duas ou mais localidades que distem pelo menos três quilómetros entre si e o número de alunos de pelo menos uma delas seja inferior a quinze. É também estipulado que, desde que seja do interesse declarado dos conselhos municipais das comunas, um ou mais lugares possam ser alocados a escolas de comunas vizinhas da sua. Esta regulamentação foi já definida em 1986, através da Lei de 30 de Outubro referente à organização do ensino primário, estando portanto instituída há mais de duas décadas.

Também a liberdade de escolha da escola a frequentar, ao nível do ensino primário, encontra-se regulamentada há já algum tempo em França (pelo menos desde 1983) na designada Carta Escolar. Uma família pode escolher de entre as escolas mais próximas, onde matricular os filhos, independentemente de essa escola ser ou não na sua comuna. No entanto, quando a rede escolar seja de planeamento intermunicipal, isto

¹⁶ L'Établissement Public de Coopération Intercommunale

é, esteja sob a responsabilidade de um EPCI, a alocação dos alunos é estipulada pelo *maire* de cada comuna integrada no agrupamento (Zanten e Obin, 2008).

Já ao nível dos ciclos de ensino seguintes, nomeadamente os colégios, a carta escolar não permite esta livre escolha, cabendo ao Estado e aos departamentos a definição das alocações dos alunos às escolas, existindo no entanto algumas situações onde os alunos possam ser alocados a outra escola, nomeadamente por razões de natureza médica, social, laboral e até mesmo de mérito escolar do aluno, entre outras. Em qualquer dos casos, o pedido de alocação será sempre acedido caso existam vagas na escola desejada.

No ano lectivo de 2009/2010 existiam em França 37.783 escolas primárias (das quais 13,7% eram privadas) e deste total, apenas 10,3% eram escolas unitárias, ou seja, menos de metade do peso de 23,3% registado em 1960. Ainda assim o peso é significativo e as taxas de sucesso dos alunos das escolas rurais equiparam-se às dos alunos das zonas urbanas, conforme sintetiza o presidente da Federação Nacional para a Promoção da Escola Rural¹⁷ numa carta escrita ao Ministro da Educação a 11 de Outubro 2010, reivindicando condições específicas de formação para professores de ensino rural, onde afirma:

“Atualmente em França, 24% dos alunos do ensino primário localizam-se em zonas predominantemente rurais e todos os estudos realizados nos últimos 20 anos demonstram que os seus resultados escolares acompanham os valores nacionais, apesar de o nível socioprofissional das famílias rurais ser claramente inferior à média nacional.

A escola rural é assim eficaz e até mesmo «rentável».

As soluções intercomunais e o reconhecimento governamental da especificidade das escolas rurais permitiram que hoje a rede primária mantenha ainda algum peso no sistema educativo francês. No entanto, o processo de reordenamento escolar ocorrido levou a uma redução significativa do número de escolas rurais sendo a dinâmica demográfica e de povoamento o grande catalisador da concentração escolar visível no reordenamento da rede nos meios rurais.

¹⁷ FNER - Fédération Nationale pour l'École Rurale

1.3. Síntese

A dinâmica do sistema educativo caracterizada no capítulo anterior, pautada por fortes diminuições da procura, não é de facto exclusiva de Portugal. Vários países europeus desenvolveram esforços nas últimas décadas para responder à crescente diminuição de alunos e consequente desajustamento da rede escolar, particularmente notório nas áreas rurais com o progressivo sobredimensionamento das suas escolas primárias. Reconhecendo a expressão particularmente agravada do grau de desajustamento da rede escolar do ensino básico portuguesa, reconhecem-se características comuns a estes dois países, nas tendências demográficas, sociais, culturais ou de ocupação do território, de cuja observação se poderão retirar elementos úteis para a interpretação da situação portuguesa.

Da breve caracterização das dinâmicas de reordenamento escolar analisadas sobressaem duas características comuns: a primeira é que em ambos os países existe actualmente um reconhecimento claro das especificidades das escolas no contexto rural, resultando esse reconhecimento quer na produção de legislação específica para as escolas em meio rural, quer na criação e desenvolvimento de estruturas nacionais de investigação e análise da problemática da escola rural, como é o caso da FNER em França e dos Movimentos de Renovação Pedagógica e o Secretariado da Escola Rural da Catalunha¹⁸ em Espanha. A segunda característica refere-se às estratégias adoptadas no reordenamento da rede escolar para fazer face ao esvaziamento demográfico das zonas rurais, onde ambos os países desenvolveram soluções de reorganização à escala supra-municipal (ZER e CRA em Espanha e RRE e RPI em França).

O processo de reordenamento ocorreu também de um modo progressivo: em ambos os casos o processo de reordenamento da rede demorou cerca de 2 décadas. O ritmo de encerramento de escolas de pequena dimensão inicialmente imposto pelas políticas reformistas foi sendo gradualmente refreado pelas dinâmicas de oposição ao reordenamento implementadas por estruturas de concertação dos diferentes agentes locais e regionais (comunidade docente, populações, autarcas, comunidade científica,

¹⁸ Este organismo foi criado durante a década de 70 pelo movimento dos professores progressistas que procuravam melhorar e dignificar a escola rural em Espanha e mais da Comunidade Autónoma da Catalunha. A partir deste movimento foram criadas as Jornadas da Escola Rural da Catalunha (Gelis, 2004).

etc.) que procurando evidenciar as especificidades do mundo e da escola rural desenvolveram formas de organização das redes escolares que asseguravam a manutenção de muitas das pequenas escolas em funcionamento.

2. AS CARTAS EDUCATIVAS E O REORDENAMENTO ESCOLAR EM PORTUGAL

Até finais do século passado o papel das autarquias no planeamento da rede escolar era mínimo. Com a entrada em vigor da Lei n.º 159/99 de 14 de Setembro, que determinou a transferência de atribuições e competências para as autarquias locais de em vários domínios entre os quais o da educação, as autarquias passaram a desempenhar um papel vital no processo de ordenamento da rede escolar. No artigo 19.º do Capítulo III, são atribuídas às autarquias competências ao nível do 1.º ciclo do ensino básico nomeadamente no que diz respeito à gestão do parque escolar (construção, apetrechamento e manutenção dos estabelecimentos) e planeamento da rede escolar através da elaboração das cartas escolares e criação dos concelhos municipais de educação. Para além destas são também atribuídas competências ao nível dos transportes escolares, refeições, apoios sociais e gestão dos recursos humanos não docentes das escolas.

Apesar do processo de descentralização ter sido iniciado em 1999, apenas com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 7/2003 que veio regulamentar os conselhos municipais de educação e aprovar o processo de elaboração das cartas educativas, é que se concretizou efectivamente o processo de transferência de competências de educação para as autarquias locais definido em diplomas legais anteriores¹⁹.

Este “delegar de competências” do Governo apela à responsabilização das escolas e dos municípios e ao seu melhor conhecimento da região visando descentralizar, mas com os cuidados políticos ou burocráticos de não esvaziar a chefia ministerial. O poder local é chamado ao desempenho de novas funções e, reconhecendo a importância de as

¹⁹ O processo de transferência de competências para as autarquias locais iniciou-se com a publicação dos Decretos-Lei n.º 77/84, de 8 de Março, 299/84, de 5 de Setembro, 399-A/84, de 28 de Dezembro, e 115-A/98, de 4 de Maio e posteriormente com a publicação da Lei n.º 159/99, de 14 de Setembro, a Lei n.º 30-C/2000, de 29 de Dezembro e a Lei n.º 109-B/2001, de 27 de Dezembro mas na prática resultaram apenas de meras disposições formais sem qualquer consequência prática.

exercer, consciencializa-se da sua privilegiada posição para o seu exercício. (Martins, 2005, p.139)

Iniciou-se assim um novo ciclo no planeamento educativo em Portugal, com as autarquias no centro da organização das redes escolares, ainda que reguladas pelos normativos emanados da administração central. Do processo centralizado de planeamento da rede escolar evoluiu-se nesta primeira fase para um processo descentralizado onde as autarquias passaram a desempenhar um papel central na definição das estratégias de reordenamento da rede escolar, sobretudo ao nível do 1º ciclo do ensino básico.

As autarquias respondem ao repto mas tardavam ou faltavam os quadros legais e os recursos financeiros que lhes permita exercer cabalmente as suas novas atribuições. A definição da carta educativa contemplada neste processo de transferência de competências na área da educação levou assim à publicação pelo Ministério da Educação de instrumentos técnicos de orientação metodológica que auxiliassem as autarquias no processo de ordenamento das suas redes escolares, nomeadamente o *“Manual para a Elaboração da Carta Educativa”* e os *“Critérios de Reordenamento da Rede Educativa”* (DAPP-ME, 2000b; 2000a). Importa pois caracterizar este novo instrumento de planeamento da rede escolar que serviu de base à reforma estrutural ocorrida, percebendo quais as diferenças face aos instrumentos e metodologias até então utilizados assim como avaliar a expressão territorial da sua aplicação no território nacional.

2.1. Um novo instrumento de planeamento da rede escolar: Carta Educativa

2.2. Conceito de Carta Educativa

Durante muitos anos e até finais do século passado o principal instrumento de “planeamento” municipal da rede escolar era a então designada Carta Escolar. Este era um documento onde ficavam periodicamente registados os edifícios escolares existentes e aqueles que faltava construir, mas que não tinha uma configuração legal estabelecida.

Era reconhecidamente um instrumento ineficaz, característico de um planeamento dogmático e até mesmo bloqueador do desenvolvimento educativo do País (DAPP-ME, 2000b, p.8).

A ineficácia deste planeamento cristalizado e a necessidade de assumir uma nova concepção de escola-organização, articulada com outras unidades de educação e formação, centros de recursos e outros apoios diversificados, levaram a que o conceito de Carta Escolar evoluísse para o conceito transversal de **Carta Educativa**. Esta surge como um projecto dinâmico de intervenção, planeamento e ordenamento da rede educativa inserida no contexto mais abrangente de ordenamento territorial, que tem como meta atingir a melhoria da educação, do ensino, da formação e da cultura num dado território, ou seja, ser parte integrante do seu desenvolvimento social.

Segundo Martins (2005, p.149) as diferenças entre estes dois instrumentos são claras e evidentes, nomeadamente porque a Carta Educativa:

- abrange um conjunto mais amplo de problemáticas, englobando o ensino e a formação, integrando estes sistemas numa leitura abrangente do contexto social onde se inserem;
- trata de um leque mais alargado de situações do sistema educativo;
- aborda uma multiplicidade de situações e decisões que obriga a um frequente processo de negociação entre os múltiplos agentes que intervêm no processo de elaboração e que partilham poderes de decisão e execução, contrariando a lógica impositiva da Carta Escolar;
- comporta uma dimensão gestonária do sistema educativo.

A nova carta educativa visava assim a *“racionalização e redimensionamento do parque de recursos físicos existentes e o cumprimento dos grandes objectivos da LBSE e dos normativos daí emanados, nomeadamente:*

- Prever uma resposta adequada às necessidades de redimensionamento da Rede Escolar colocadas pela evolução da política educativa, pelas oscilações da procura da educação, rentabilizando o parque escolar existente;

- Caminhar no sentido de um esbatimento das disparidades inter e intra-regionais, promovendo a igualdade do acesso ao ensino numa perspectiva de

adequação da Rede Escolar às características regionais e locais, assegurando a coerência dos princípios normativos no todo nacional” (DAPP-ME, 2000b).

2.3. A implementação das Cartas Educativas

Após um período de concepção das cartas educativas o reordenamento ocorreu de um modo quase “imediato”. Em menos de 4 anos (entre Outubro de 2006 e Maio de 2009) foram homologadas praticamente todas as cartas educativas: dos 278 municípios de Portugal Continental, apenas 3 não estavam à data homologadas (Figura 21).

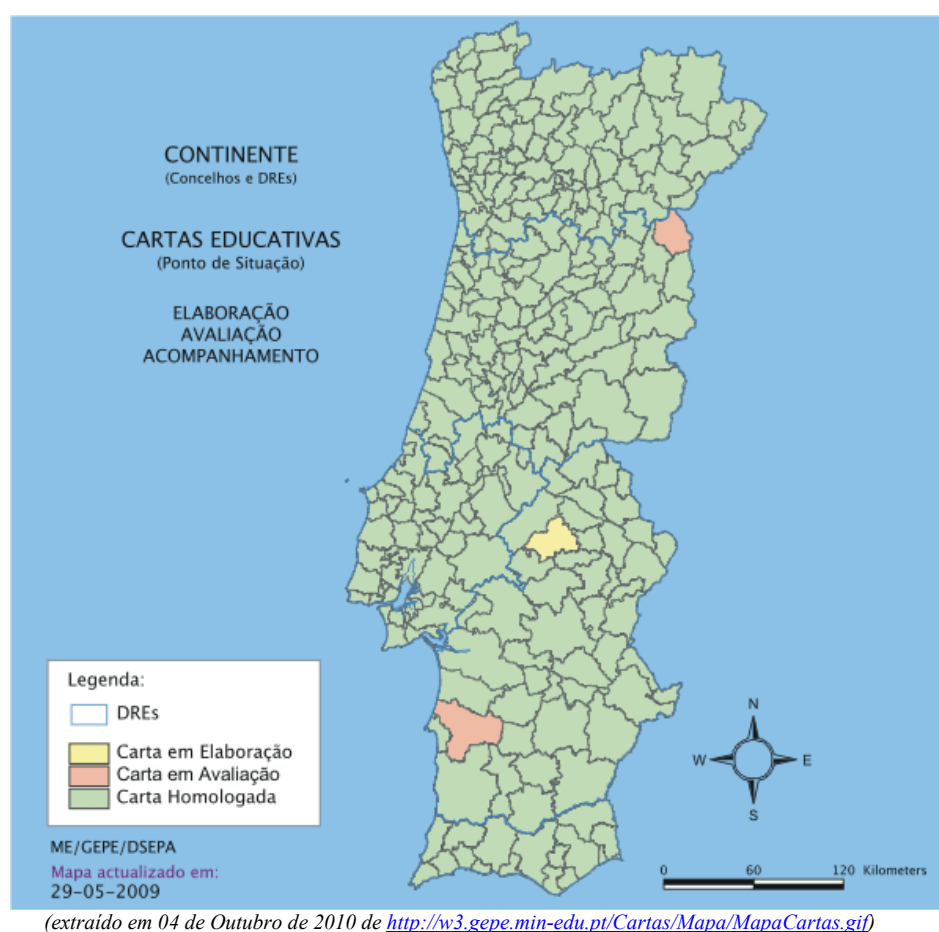


Figura 21. Cartas Educativas - Ponto de Situação

A implementação das propostas preconizadas nas Cartas Educativas levou a uma reforma estrutural da rede escolar sobretudo ao nível do ensino básico, com particular expressão ao nível do 1º ciclo do ensino básico apresentando-se mesmo, segundo um relatório de avaliação internacional da Política educativa para o 1º ciclo do ensino

básico solicitado pelo Ministério da Educação em 2008, como um caso de sucesso a nível internacional onde a *“ambição e a rapidez demonstradas na reorganização da educação para os alunos mais jovens têm poucos, ou nenhuns, paralelismos internacionais”* e onde as reformas *“tiveram um grande apoio em todo o país e irão atrair um crescente interesse internacional”* (Matthews, et al., 2009, p.13).

Embora o nível de compromisso variasse consoante o município, o efeito global foi notório. Entre os anos lectivos de 2005/2006 e 2007/2008 fecharam cerca de 2500 escolas (Gráfico 14) em comparação com as 1000 encerradas nos 10 anos anteriores (Matthews, et al., 2009, p.35).

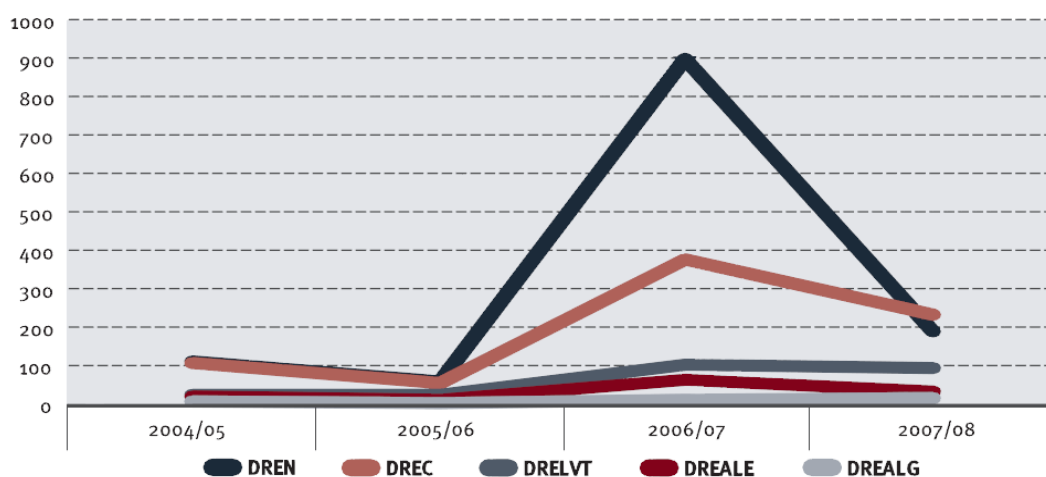


Gráfico 14. Número de escolas fechadas nos anos lectivos de 2004/05 a 2007/08

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

Houve, obviamente, alguma resistência à reforma implementada. A orientação de que todas as escolas com menos de 10 alunos deveriam encerrar provocou uma grande pressão, o que explica a elevada taxa de encerramentos em 2006/07, o primeiro ano no qual foi aplicada a nova determinação.

O programa de investimentos para modificar e aumentar as escolas existentes e criar centros escolares foi apoiado por 400 milhões de euros do Fundo Social Europeu (FSE), permitindo aos municípios aumentarem as suas próprias despesas através de um financiamento do FSE que variou entre os 50% e os 75% (Matthews, et al., 2009, p.35).

2.4. As escalas de planeamento da rede escolar

O processo de reordenamento ocorreu, conforme referido anteriormente, através da implementação de cartas educativas municipais. Mas será apenas a escala municipal a única admissível para o reordenamento da rede escolar sobretudo nas zonas rurais? Poderiam as actuais estruturas de organização dos municípios, nomeadamente os Agrupamentos de Municípios e/ou as recentemente criadas Comunidades Intermunicipais desempenhar um papel preponderante em matéria de planeamento da rede escolar, permitindo soluções de reordenamento supra-municipais, à semelhança do que ocorreu tanto em Espanha como em França?

Enquanto instrumentos de ordenamento do território, as cartas educativas poderão porventura assegurar um planeamento à escala intermunicipal permitindo uma articulação estratégica entre áreas territoriais concelhias que pela sua interdependência necessitem de coordenação integrada. Azevedo (1996, p.129) defendia já em meados da década de 90 que a resolução dos problemas das escolas rurais passava entre outros pela consideração de espaços mais alargados de integração dos territórios escolares, defendendo modelos de organização da rede a níveis interparoquiais e intermunicipais. O autor afirma mesmo, referindo-se às novas relações territoriais do trabalho e do lazer, que “...*também a rede escolar carece de ser pensada à escala desses espaços e de novas formas de cooperar, para além das velhas fronteiras da autarquia camponesa*”.

De facto, nos instrumentos legislativos e documentos orientadores publicados pelo Governo é referido que a Carta Educativa pode ser de âmbito municipal ou supra-municipal quando os municípios articulem entre si, nomeadamente através das respectivas federações e associações, e com o Ministério da Educação o desenvolvimento de instrumentos de planeamento e ordenamento da rede educativa de nível supra-municipal (art.º 19.º do D.L. n.º 7/2003, de 15 de Janeiro).

Apesar de prevista, a escala intermunicipal não foi, regra geral, adoptada pelos municípios na concretização da política de reordenamento prosseguida no território continental. Dos 278 municípios apenas se identificou uma carta educativa intermunicipal – a Carta Educativa Intermunicipal da Comunidade Urbana Valimar

(Valimar ComUrb) que integra 6 municípios - Arcos de Valdevez, Caminha, Esposende, Ponte da Barca, Ponte de Lima e Viana do Castelo.

O objectivo da Comunidade intermunicipal foi criar uma carta educativa cuja perspectiva intermunicipal a estabelecesse como um instrumento que considerasse “...estratégias delineadas, atendendo a uma realidade que vai para além das fronteiras de cada município” e que no sentido de se tornar eficaz e eficiente fosse “...um instrumento que cada município, por si só, possa implementar e avaliar isoladamente”. (Valimar, 2006, p.19, Vol. I).

No documento final produzido resultaram várias acções de articulação e planeamento intermunicipal ao nível dos serviços de acção social escolar, do planeamento dos serviços de transporte e do pessoal não docente. Contudo, no que diz respeito às propostas de reordenamento efectivas do parque escolar e da consequente alocação dos alunos às escolas, estas integraram apenas medidas de reordenamento de âmbito municipal, exceptuando-se apenas duas propostas de organização intermunicipal e apenas ao nível do 2º e 3º CEB, agrupando freguesias das periferias do município de Viana do Castelo com freguesias de Caminha a Norte e de Ponte de Lima a Este.

Apesar de equacionada, a escala intermunicipal não foi até hoje, efectivamente uma estratégia adoptada pelos municípios nos processos de planeamento da rede escolar. No entanto têm surgido recentemente alguns trabalhos que procuram avaliar algumas das possíveis vantagens do reordenamento a esta escala. Num trabalho realizado recentemente, Vieira (2009) apresentou um estudo onde contemplava propostas de reordenamento intermunicipal da alocação dos alunos do 2º e 3º CEB da NUT III do Vale do Minho (onde a Comunidade Urbana Valimar se insere) e comparou os níveis de acessibilidade obtidos com os das cartas educativas, tendo concluído que com a mesma rede de escolas proposta nas Cartas Educativas era possível reduzir a distância agregada diária global a percorrer pelos alunos em cerca de 3,5%, havendo freguesias fronteiriças onde esse ganho ascende a valores superiores a 50% e até mesmo num caso a 80% (Vieira, 2009, p.90).

Trabalhos semelhantes, embora focados na rede do 1º ciclo do ensino básico foram realizados por Costa (2009) e Gonçalves (2009) para as NUT III do Douro e Alto

de Trás-os-Montes respectivamente. Em ambos os casos os resultados obtidos apontam para reduções significativas (entre os 10% e os 20%) em termos de distância agregada total dos alunos alocados, mais uma vez com os principais ganhos (na ordem dos 70% a 80%) a ocorrerem nas freguesias fronteiriças dos municípios.

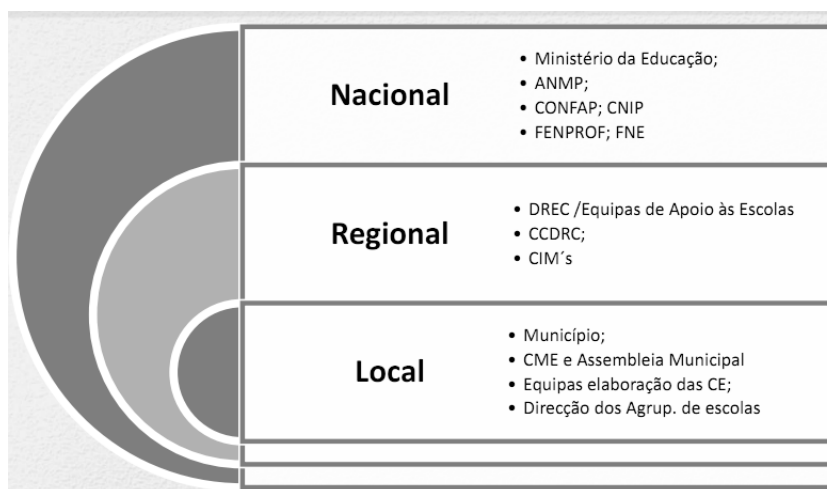
O reordenamento da rede escolar, sobretudo a do 1.º CEB, originou um processo substancial de transferência e concentração de alunos, colocando por vezes em causa os factores de acessibilidade da distância e do tempo mínimos que devem ser assegurados. A lógica de organização intermunicipal, visando a racionalização do parque escolar, poderá acrescentar valor ao permitir anular redundâncias e incrementar as sinergias municipais, definindo prioridades de intervenção, e optimizando a gestão /utilização dos recursos existentes, promovendo uma adequação quer entre a procura e oferta, quer entre a mobilidade que as dinâmicas de evolução que se impõem, contribuindo também para o aumento dos níveis de acessibilidade. A reorganização das redes escolares deve, portanto, procurar um entendimento claro de compromisso entre a constituição de uma massa crítica da população escolar e a proximidade e acessibilidade, em complemento com uma fundamental rede de transportes escolares obviando aos factores de exclusão traduzidos pela inacessibilidade.

Registam-se já em Portugal algumas dinâmicas intermunicipais de planeamento integrado das suas redes escolares mas ainda sem efectivos efeitos práticos, como é o caso do projecto da Carta Educativa Regional da Comunidade Intermunicipal do Oeste e do projecto de Carta Educativa Intermunicipal previsto pela associação Guarda Digital - Associação Distrital para a Sociedade de Informação.

Ao nível das estruturas do ministério da educação regista-se também uma dinâmica de trabalho a escalas mais alargadas, nomeadamente através do projecto iniciado em 2010 pelo GEPE em parceria com a Universidade de Coimbra intitulado “Reorganização do Parque Escolar por NUT III a 2013”, no qual se procura projectar o novo parque escolar para o território nacional.

2.5. A racionalidade dos processos de reordenamento da rede escolar como factor de concertação

O processo de planeamento de uma rede escolar obriga à concertação de esforços e vontades de uma multiplicidade de agentes que intervêm directa e indirectamente no sistema de ensino e que, não poucas vezes, têm visões distintas, porventura antagónicas, do que deverá ser uma rede escolar (Figura 22), organizando-se numa estrutura multi-escalar e polarizada (Martins, *et al.*, 2010, p.45).



Fonte: (Martins, *et al.*, 2010)

Figura 22. Actores intervenientes nos processos de reordenamento escolar por escala de intervenção

Do ponto de vista das entidades governamentais (Ministério da Educação e Direcções Regionais, Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional) a rede escolar deverá ser organizada segundo critérios de eficiência, visando a redução dos custos de funcionamento do sistema, suportando esta lógica organizativa com argumentos de melhoria do sucesso escolar e de promoção igualdade de oportunidades entre todos os alunos.

Por outro lado os sindicatos de professores (FENPROF e FNE), apesar de reconhecerem a existência de um problema de sobredimensionamento da rede escolar do 1º ciclo nas zonas rurais, contrariam esta lógica que acusam de economicista, defendendo que a Escola Pública foi posta em causa e que as medidas deveriam passar pelo investimento na requalificação do parque escolar e não pela concentração escolar,

que consideram excessiva e promotora de problemas graves sobretudo ao nível da acessibilidade dos alunos à escola.

Já as organizações representantes (CONFAP e CNIP) concordam globalmente com um reordenamento do parque escolar desde que sejam assegurados os critérios de qualidade nas escolas de acolhimento, que as condições de transporte sejam boas e os tempos de viagem não ultrapassem os limiares máximos estabelecidos. Reconhecem que a concentração permite dotar as escolas de infra-estruturas e meios promotores de um melhor ensino e de mais actividades complementares.

No que diz respeito à escala local de planeamento as dicotomias adensam-se: As lógicas político-partidárias nacionais não se sobrepõem as locais e os municípios muitas vezes “não alinham pelo mesmo diapasão” das suas cores políticas gerando-se resistências, incompreensões, desconfianças e maiores morosidades na requalificação das redes escolares. Nas “*arenas políticas*” municipais o mosaico de actores é muito mais complexo e os interesses a compatibilizar mais conflituosos. Exemplo disso são as freguesias que muitas vezes defendem a sua escola ao arrepio de qualquer lógica municipal – “*fechem-se as pequenas escolas rurais, mas não a minha que é das melhores do concelho*” são expressões muitas vezes proferidas pelos presidentes de juntas de freguesia nas reuniões das assembleias municipais aquando da discussão das propostas de reordenamento escolar, argumentos que não são novos e foram já utilizados em fases anteriores do processo de reforma da rede escolar conforme referido por Azevedo (1996, p.121) ²⁰.

Também as populações locais, agindo por iniciativa própria ou mobilizadas por agentes locais participaram activamente no processo de reordenamento, muitas vezes porem desprovidas de argumentos fundamentados e sem uma lógica estruturada, agindo “mais por sentimento” combatendo a perda de um equipamento que representa muitas vezes o último serviço de uma aldeia que poderá evitar que esta “feche”. Apesar desta ausência de uma lógica estruturada das vontades populares, o mesmo não significa que não haja racionalidade nas suas reivindicações, conforme colocou muito bem Azevedo

²⁰ Já Azevedo (1996) no seu livro intitulado “*Os Nós da Rede – O Problema das Escolas Primárias em Zonas Rurais*” identificava argumentos desta natureza para a justificação das resistências encontradas à aplicação do Decreto-lei 35/88 que determinava a suspensão das escolas com menos uma frequência não superior a 10 alunos.

(1996), a propósito das racionalidades e estratégias dos actores intervenientes nos processos de reordenamentos das redes escolares em zonas rurais, referindo:

“Em todos os casos, importa perceber que as acções das pessoas têm lógica, são racionais, não necessariamente face a objectivos explícitos, mas face ao contexto, aos outros actores e às relações que se estabelecem entre eles; os actores são competentes, têm uma ideia, tácita ou discursiva, do que fazem e das razões porque o fazem, mesmo que uma parte significativa do seu agir se apresente como rotina (Giddens) ou seja comandada pela lógica do senso prático (Bordieu).”

A criação de estruturas municipais onde todos os agentes que intervêm no sistema educativo se encontram representados, nomeadamente os Conselhos Municipais de Educação, permitiu gerar consensos alargados e encontrar soluções que satisfizessem a larga maioria dos grupos de interessados. Apesar de as suas funções serem primordialmente consultivas, a obrigatoriedade de aprovarem, em primeira instância, as propostas de carta educativa, levou a que os municípios relevassem o seu papel considerando de grande importância a aprovação das propostas por este órgão colegial.

Apesar das referências anteriores à dimensão política das Cartas Educativas e aos agentes que intervêm a este nível no seu processo, importa reforçar a ideia de que estas são documentos que integra um forte componente técnica, constituindo-se assim como instrumentos técnico-políticos, onde as duas dimensões devem ser conformadas numa visão integrada e globalizante sobre as problemáticas da educação, impondo-se um trabalho conjunto entre todos os intervenientes destas duas dimensões no processo. Contudo a “imparcialidade” normalmente subjacente à dimensão técnica (por oposição à “parcialidade” política) poderá constituir-se como factor agregador de vontades e gerador de consensos alargados. Quando o processo de planeamento de uma rede escolar se inicia com a definição e aceitação clara, inequívoca e transparente dos critérios técnicos pelos quais se devem pautar as propostas de reordenamento e quando às equipas técnicas que os utilizam é reconhecida independência técnico-científica²¹, o

²¹ (Martins, *et al.*, 2010), num estudo sobre os processos de regulação das Cartas Educativas, tendo como área de estudo a região centro de Portugal, referem que as Cartas Educativas elaboradas por entidades externas, mais “independentes” facilitaram os processos de aprovação das mesmas.

processo decorre certamente com maior facilidade e menos sujeito a pressões (sobretudo de natureza política) ulteriores.

Se este processo de conciliação de inúmeras vontades, razões e visões com o objectivo de planear uma rede escolar municipal é já de si complexo, mais ainda se poderá tornar se a escala de planeamento for intermunicipal onde se terá também de conjugar vontades de distintos municípios procurando contratualizar opções que sejam aceites por todos, com vista ao bem comum, levando a que também do ponto de vista técnico a complexidade aumente uma vez que as variáveis a integrar no processo de decisão são em maior número e as restrições a incorporar mais complexas.

Para a resolução de problemas de planeamento desta natureza, onde os mecanismos de participação são cada vez maiores e envolvem múltiplos actores e onde o número de cenários em análise é vasto, os modelos de optimização, particularmente os modelos de localização, podem constituir uma importante ferramenta de apoio à decisão (Teixeira e Antunes, 2008, p.92), garantindo uma capacidade de análise expedita dos múltiplos cenários e incorporando as múltiplas variáveis e restrições inerentes ao processo de planeamento, tornando-o mais transparente, e racional.

Assim, nesta Tese, propõe-se o desenvolvimento de um novo modelo de optimização, baseado nos modelos de localização, que possa constituir uma ferramenta útil para o processo de planeamento de redes escolares. Não sendo um modelo criado “de raiz”, uma vez que se baseia numa série de modelos que têm vindo a ser desenvolvidos nos últimos anos, procura no entanto integrar um conjunto de variáveis/restrições que até então não foram consideradas nos modelos anteriores. No próximo capítulo será feita uma breve revisão bibliográfica dos principais modelos de planeamento de equipamentos existentes bem como o “estado da arte” relativo aos modelos aplicados ao planeamento de redes escolares.

CAPÍTULO IV.
MODELOS DE PLANEAMIENTO APLICADOS A REDES
ESCOLARES

O processo de reordenamento de uma rede escolar pressupõe a tomada de várias decisões fundamentais de forma conjunta, nomeadamente de localização, de atribuição e de capacidade. A conjugação de todas estas variáveis decisórias gera um número bastante significativo de alternativas tornando a tarefa de tomada de decisão bastante complexa para os planeadores. Essa complexidade pode ainda aumentar mais se às variáveis anteriormente apresentadas adicionarmos outras restrições “não formais” do processo de planeamento assim como fenómenos de incerteza face às evoluções do sistema educativo, quer em termos da dinâmica da procura escolar quer em termos da evolução das políticas do próprio sistema educativo.

Face à complexidade destes processos, a geração de alternativas e respectiva avaliação individual torna-se uma tarefa gigantesca e de todo impraticável em tempo útil de modo a que as tomadas de decisão sejam eficazes e exequíveis. Torna-se pois necessário o recurso a técnicas de optimização. Estas técnicas têm sofrido fortes desenvolvimentos nos últimos anos graças sobretudo ao desenvolvimento de softwares de optimização cada vez mais eficazes, capazes de resolver rapidamente problemas de elevada dimensão (Atamtürk e Savelsbergh, 2005).

Para a resolução de um problema de planeamento desta natureza com recurso a métodos de optimização é antes de mais necessário definir um modelo de planeamento, explicitado numa formulação matemática onde se definam as variáveis do problema (dados de “input” necessários bem como as variáveis decisórias), o objectivo a atingir, definido normalmente através de uma determinada função-objectivo que procurará ser maximizada/minimizada e as restrições a verificar durante o processo de optimização.

1. MODELOS DE PLANEAMENTO DE EQUIPAMENTOS COLECTIVOS

Os primeiros estudos sobre modelos de localização foram desenvolvidos no início do século XX por Alfred Weber na área da produção industrial. O modelo desenvolvido procurava determinar a localização de um armazém de modo a minimizar a distância agregada entre este e os clientes que deveria servir (Weber, 1929). A partir daí desenvolveram-se algumas aplicações em várias áreas relacionadas com a teoria da localização. Em meados da década de 60, Hakimi (1964) desenvolveu um modelo que

procurava localizar um centro de comutação numa rede de telecomunicações assim como localizar uma esquadra de polícia numa rede de auto-estradas, generalizando assim o modelo de Weber de modo a localizar mais do que um equipamento

Nas últimas 5 décadas assistiu-se a um crescimento substancial dos modelos de localização. Como Krarup e Pruzan (1983) salientaram, não é de todo surpreendente este facto, uma vez que a política de localização é das áreas mais rentáveis da aplicação de modelos de planeamento, levando à existência de um vasto número de modelos teóricos e práticos no “mercado”. Current, *et al.* (2002) afirmam que essa longa e volumosa história de pesquisa sobre localização é resultante dos seguintes factores:

1. As decisões de localização são frequentemente tomadas em todos os níveis das organizações humanas, desde indivíduos e famílias, a empresas, agências governamentais nacionais e internacionais;
2. As decisões de localização são muitas vezes estratégicas por natureza, i.e., envolvem um elevado montante de recursos financeiros e os seus efeitos económicos acarretam consequências a longo prazo.
3. As decisões de localização frequentemente impõem externalidades económicas, tanto positivas como negativas, tais como o desenvolvimento económico, a geração de emprego e de renda, a poluição, o congestionamento de tráfego, etc.
4. Modelos matemáticos de localização são muitas vezes extremamente difíceis de resolver, pelo menos de forma optimizada. De igual modo, mesmo os mais modelos mais simples são geralmente computacionalmente “intratáveis” para problemas de maior dimensão.

1.1. Modelos discretos de localização de equipamentos

O planeamento de equipamentos colectivos tem assim beneficiado significativamente do desenvolvimento de vários modelos de localização. Estes possuem designações e formulações distintas consoante os objectivos a atingir, as restrições a observar e a abordagem a adoptar. Na sua grande maioria, os problemas de

localização de equipamentos visam responder a questões de localização de serviços e alocação de procuras que ocupam posições previamente conhecidas no espaço, isto é, a procura encontra-se de alguma forma concentrada em pontos (centros de procura) e os equipamentos/serviços encontram-se (ou poderão instalar-se) igualmente em determinados pontos do espaço em análise (sítios de oferta), podendo os sítios coincidir ou não com os centros de procura, sendo portanto os modelos de planeamento utilizados nestas problemáticas designados de modelos discretos de planeamento. Apresentam-se de seguida os principais, modelos aplicados ao planeamento de equipamentos colectivos, adoptando-se uma classificação adaptada de Current, *et al.* (2002).

1.1.1 Modelos de maximização da acessibilidade

O modelo da p-mediana faz parte de um conjunto mais vasto de problemas conhecido como os *minsum location-allocation problems* cujos primeiros estudos foram desenvolvidos por Alfred Weber conforme referido no ponto anterior. O modelo de Weber procurava, dados 3 pontos de procura, encontrar o ponto médio (mediana) que minimizasse a soma da distância entre cada um dos pontos de procura e esse ponto médio, correspondendo assim à melhor localização do equipamento. A abordagem era contínua, podendo localizar-se o ponto médio em qualquer ponto de um plano euclidiano. Nos anos seguintes desenvolveram-se formulações que generalizaram este modelo para problemas com mais de 3 pontos de procura e posteriormente, para a localização de mais do que um ponto de oferta.

Em meados da década de 60, Hakimi (1964; 1965) desenvolveu um modelo semelhante ao de Weber mas para obter medianas em redes e grafos, definindo a mediana absoluta como o ponto de um grafo que minimiza a distância agregada entre este e os vértices do grafo, demonstrando que, apesar de se considerar como possível a localização em qualquer ponto do grafo, existe sempre um vértice (ou conjunto de vértices consoante se pretende obter uma localização óptima ou várias) que minimiza o objectivo do problema, definindo assim uma formulação discreta para o até então problema contínuo de Weber, considerando para tal como soluções admissíveis apenas os vértices do grafo ou rede.

A primeira formulação do modelo da p-mediana de programação linear-inteira foi apresentada quatro anos mais tarde (Revelle e Swain, 1970). Os autores pretendiam localizar um determinado número de equipamentos P de modo a minimizar a distância agregada entre os centros de procura e os sítios onde os equipamentos ficarão localizados. O modelo tinha a seguinte notação:

$I = \{1, \dots, n\}$ - centros procura

$J = \{1, \dots, n\}$ - sítios potenciais para localizar um equipamento

u_i = procura no centro i

d_{ij} = distância entre o centro de procura i e o sítio j

P = número de equipamentos a localizar

Variáveis de decisão:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se os utentes do centro } i \text{ forem servidos no centro } j \\ 0 & \text{se não} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{se localizar um equipamento no sítio } j \\ 0 & \text{se não} \end{cases}$$

Utilizando esta notação, o problema da p-mediana, de programação linear-inteira, foi escrito com a seguinte formulação:

$$\text{Minimizar } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} u_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_j = P \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \forall i \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \forall i, j \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i, j \quad (5)$$

$$y_j \in \{0, 1\}, \forall j \quad (6)$$

A função-objectivo (1) minimiza a soma da distância agregada percorrida pelos utentes entre os centros e os sítios. A restrição (2) define o número de equipamentos a

instalar. A restrição (3) garante que a procura de um determinado centro só pode ser atribuída a apenas um sítio (atribuição unívoca). A restrição (4) garante que apenas se possa atribuir utentes a sítios abertos. As restrições (5) e (6) definem como binárias as variáveis de decisão. Os modelos da p-mediana são normalmente *NP*-difícil (Garey e Johnson, 1979; Kariv e Hakimi, 1979), podendo ser obtidas soluções óptimas em tempos considerados aceitáveis através de técnicas de programação inteira, quando a dimensão do problema é relativamente pequena. Para problemas de maior dimensão, desenvolveram-se nos últimos anos diversas heurísticas e meta-heurísticas de modo a resolver problemas baseados na p-mediana. No entanto o desenvolvimento tecnológico quer de hardware quer de software ocorrido nos últimos anos tem vindo gradualmente a permitir a utilização de algoritmos mais complexos e eficazes na determinação de soluções óptimas para problemas muito complexos em tempos cada vez mais reduzidos.

1.1.2 Modelos de maximização da cobertura

Com vista a aumentar a aplicabilidade dos modelos em problemas “reais” de planeamento de equipamentos colectivos existem outras restrições que deverão ser incorporadas. Muitos problemas de localização de equipamentos colectivos têm como principal restrição a existência de uma determinada distância máxima (no caso das escolas por exemplo é normalmente definida uma distância ou tempo máximo que os alunos devem percorrer no percurso casa-escola). O primeiro modelo desta natureza designado por *Set Covering Location Problem* - SCLP (Toregas, *et al.*, 1971) tinha como objectivo localizar um número mínimo de equipamentos necessários para servir (cobrir) toda a procura localizada em determinados centros. É assumido nesta formulação que os centros e os sítios fazem parte de uma rede e que as únicas localizações possíveis para os equipamentos são os nós (no seu todo ou em parte) dessa mesma rede. Church e Meadows (1979) apresentaram posteriormente um método de modificar a rede original de modo a permitir a localização dos equipamentos em sítios ao longo dos arcos dessa mesma rede. Os centros que estiverem a uma distância menor ou igual à distância de serviço em relação a algum sítio escolhido para a instalação de um equipamento são classificados como cobertos e a população ou procura associada a esse centro é considerada atendida.

Um dos pressupostos assumidos no SCLP é de que toda a procura terá que ser servida, não havendo portanto limites do número de equipamentos a instalar, ou seja, na prática não existem limites orçamentais. Na realidade esta formulação não é muitas vezes viável sobretudo no que diz respeito ao planeamento de equipamentos colectivos onde os investimentos são frequentemente avultados. Desenvolveu-se então um modelo designado por *Maximum Coverage Location Problem* - MCLP (Church e Reville, 1974) que integra restrições relativamente aos número de equipamentos a instalar. Este problema, cujo objectivo é determinar a localização de um determinado número de equipamentos P num determinado conjunto de sítios $j \in J$, de forma a servir a maior parte da população localizada em determinados centros de procura $i \in I$, dada uma determinada distância máxima de serviço $d_{\max}$ tem a seguinte formulação:

$$\text{Maximizar } C = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} u_{ij} x_{ij} \quad (7)$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (8)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad \forall i \in I, j \in J \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} y_j \leq P \quad (10)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (11)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (12)$$

Onde a variável de decisão u_{ij} assume os seguintes valores

$$u_{ij} = \begin{cases} u_i & \text{se o centro distar menos de } d_{\max} \text{ do sitio } j \\ 0 & \text{se o contrário} \end{cases}$$

A função-objectivo (7) permite obter o número de utentes cobertos pela rede de equipamentos, ou seja, se determinado centro i estiver coberto por um determinado equipamento a respectiva população será contabilizada (na proporção em que estiver atribuída ao equipamento); se não, não é contabilizada (pois $u_{ij} = 0$). A restrição (8) assegura que toda a procura seja servida. A restrição (9) garante que a procura só seja servida em sítios “abertos”. A restrição (10) garante que apenas seja instalado no máximo um número predefinido de equipamentos.

1.1.3 Modelos de minimização de custos

Como já referido no ponto 1.1.2 desde a sua formulação inicial, o problema da p-mediana tem vindo a ser consecutivamente modificado de modo a se adaptar a problemáticas específicas da localização de equipamentos, respondendo assim mais eficazmente a problemas concretos do “mundo real”. Uma dessas alterações prende-se com o facto de que o modelo da p-mediana considerar que todos os potenciais sítios de instalação de um determinado equipamento têm o mesmo custo de instalação. Outra simplificação patente no modelo da p-mediana refere-se ao facto de se assumir o conhecimento *a priori* do número total de equipamentos a instalar. De modo a resolver estas simplificações desenvolveu-se um modelo mais genérico, do qual os modelos da p-mediana e SPLP não são mais do que casos particulares (Cornuejols, *et al.*, 1977), (Galvão e Raggi, 1989), modelo esse usualmente designado por *Uncapacited Facility Location Problem* – UFLP ou *Simple Plant Location Model* – SPLP. O modelo genérico, apresentado tem a seguinte formulação:

$$\text{Minimizar } V = \sum_{j \in J} f_j y_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (13)$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (14)$$

$$\sum_{j \in J} y_j \leq p \quad (15)$$

$$x_{ij} \leq y_j, i \in I, j \in J \quad (16)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (17)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (18)$$

Onde $J = \{1, \dots, n\}$ é o conjunto de potenciais sítios onde se poderão localizar os equipamentos, $I = \{1, \dots, n\}$ é o conjunto de centros de procura, f_j é o custo fixo de localização do equipamento em $j \in J$, c_{ij} é o custo total de alocação da procura do centro $i \in I$ ao equipamento localizado no sítio $j \in J$ e P é o número máximo de equipamentos que é possível instalar. A variável de decisão x_{ij} representa a percentagem da procura do centro $i \in I$ que é servida no sítio $j \in J$ e y_j é a variável

de localização (binária), i.e., se $y_j = 1$ significa que existe equipamento no sítio $j \in J$, caso contrário $y_j = 0$.

A restrição (14) assegura que toda a procura seja satisfeita. A restrição (15) limita o número de equipamentos a instalar a P . A restrição (16) garante que um utente $i \in I$ pode ser servido em $j \in J$ apenas se existir aí existir equipamento. As restrições (17) e (18) definem como binárias as variáveis de decisão, assegurando-se que, devido à atribuição unívoca do modelo UFLP (Krarup e Pruzan, 1983), a procura de determinado centro seja toda servida pelo equipamento mais próximo.

O modelo anteriormente apresentado apresenta ainda simplificações que limitam a sua aplicabilidade a alguns problemas reais concretos. Efectivamente, os processos de decisão no planeamento de equipamentos colectivos encontram-se muitas vezes condicionados a limites de operacionalidade desses mesmos equipamentos, nomeadamente capacidades máximas e mínimas dos equipamentos a instalar de modo a que estes tenham viabilidade orçamental e funcional (Holmes, *et al.*, 1972). A integração das restrições de capacidade mínima e máxima dos equipamentos a instalar define um novo modelo usualmente designado de *Capacitated Facility Location Problem* – CFLP. Devido ao facto de que os equipamentos possuem agora limites máximos e mínimos de capacidade, não se poderá garantir que a procura de determinado centro será servida pelo equipamento localizado no sítio mais próximo, como sucede nos modelos anteriormente apresentados.

1.1.4 Modelos de maximização da equidade

Nos problemas de maximização de cobertura anteriormente apresentados os objectivos a atingir estão sempre relacionados com a garantia de uma determinada oferta à procura existente (no seu todo ou em parte) definindo-se à partida um “raio de cobertura máximo”. Existem no entanto outros problemas cujo objectivo não visa otimizar o serviço para o conjunto de pontos de procura, mas sim assegurar que o pior ponto de procura esteja o melhor servido possível, i.e., à menor distância/tempo possível, procurando-se assim atingir uma maior equidade. A formulação mais simples deste problema designa-se por p-centro e foi inicialmente desenvolvida em meados da

década de 60 (Hakimi, 1964). Este modelo, que visa determinar a localização de um determinado número de equipamentos P num determinado conjunto de sítios $j \in J$, de forma a servir a população localizada em determinados centros de procura $i \in I$, procurando minimizar a distância ponderada a percorrer entre cada centro de procura e o sítio no qual essa procura será servida d_{ij} , pode ser formulado da seguinte forma apresentada de seguida. Sendo $y_j = 1$ se e só se existir equipamento no sítio j , e x_{ij} a variável de atribuição de modo que $x_{ij} = 1$ se o utente de i for atribuído ao sítio j e z um limite superior do conjunto de soluções do raio de distância ponderada entre i e j ,

$$\text{Minimizar } z \quad (19)$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in J} y_j \leq P \quad (20)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (21)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad \forall i \in I, j \in J \quad (22)$$

$$\sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} \leq z, \quad \forall i \in I \quad (23)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (24)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (25)$$

A função-objectivo (19) exprime a maior distância a ser percorrida pelo utente mais mal servido pela rede de equipamentos. A restrição (20) limita o número de equipamentos a instalar a P . A restrição (21) assegura que toda a procura seja servida. A restrição (22) garante que a procura só seja servida em sítios “abertos”. A restrição (23) garante que z seja superior à distância que qualquer utente servido tenha de percorrer (numa solução óptima para o problema $z = \max(d_{ij} * x_{ij}), \forall i \in I, j \in J$). A restrição (24) assegura que a atribuição dos utentes aos equipamentos seja unívoca.

Para uma leitura mais aprofundada sobre modelos de localização de equipamentos ver Drezner (1995), Drezner e Hamacher (2002), Marianov e Serra (2004) e Klose e Drexl (2005).

2. APLICAÇÃO DE MODELOS AO PLANEAMENTO DE REDES ESCOLARES

Os modelos de localização-alocação foram já vastamente aplicados ao planeamento de redes de equipamentos colectivos em geral. No caso do planeamento de redes escolares em particular a sua aplicação tem já mais de 4 décadas. Garrison (1959) foi o primeiro a sugerir a utilização deste tipo de modelos na análise espacial de um agrupamento escolar, sendo seguido por Yeates (1963) que aplicou um modelo de transportes a um agrupamento escolar de Wisconsin que procurava minimizar a distância percorrida pelos alunos, garantindo determinadas condições de capacidade e alocação, tendo demonstrado que o resultado da optimização efectuada permitiria reduzir em 18% o número de quilómetros efectuados no sistema de transporte escolar existente no agrupamento.

Durante muitos anos uma grande parte das aplicações de modelos no planeamento escolar procurou dar resposta a decisões de zonamento, i.e., definir a alocação dos alunos a um conjunto de escolas existentes, de acordo com a capacidade destas e cumprindo determinadas condições, com particular destaque para as questões do equilíbrio racial das escolas, sendo designados por *Generic School Districting Problems* – GdiP (Schoepfle e Church, 1989).

Belford e Ratliff (1972) apresentaram um modelo de redes que aplicaram à rede escolar de Gainesville na Flórida e que procurava garantir um determinado balanço racial em todas as escolas tendo como principal objectivo minimizar a distância percorrida pelos alunos. Nas duas décadas seguintes desenvolveram-se várias variantes de modelos planeamento de redes aplicados a problemas de alocação de alunos integrando gradualmente mais objectivos (Franklin e Koenigsberg, 1973; McDaniel, 1975; Woodall, *et al.*, 1980; Sutcliffe, *et al.*, 1984; Sutcliffe e Board, 1986; Schoepfle e Church, 1989; Armstrong, *et al.*, 1993; Church e Murray, 1993; Church e Schoepfle, 1993).

Mais recentemente, Caro, *et al.* (2004) desenvolveram um modelo de optimização baseado no CFLP e aplicaram no reordenamento escolar de dois “territórios educativos” na cidade de Filadélfia: Fels, com 487 centros e 6 sítios e Olney com 617 centros e 12 sítios. O modelo visava definir a alocação da procura escolar desagregada

geograficamente por bairros e pelos vários níveis de ensino assegurando um conjunto de critérios predefinidos e conhecendo *a priori* a localização e capacidade das escolas. O modelo foi resolvido com recurso a um software de optimização comercial e a sua integração com um sistema de informação geográfica revelou-se uma mais-valia para uma análise objectiva de um problema que acarreta múltiplos pontos de vista subjectivos, como é o caso do reordenamento escolar.

A alocação dos alunos às escolas é normalmente feita através da consideração de critérios de localização (normalmente os modelos utilizados tentam atribuir os alunos à escola mais próxima, minimizando assim a distância agregada ou os custos de transporte) e decidida por uma determinada entidade gestora (município, agrupamento, estado, etc.). No entanto existem sistemas escolares onde os pais podem escolher livremente a escola a frequentar pelos filhos e onde os critérios de escolha não se baseiam apenas na localização. Gac, *et al.* (2008) apresentaram um modelo cujo objectivo era o de determinar o número e tipo de escolas (a tipificação da oferta é feita através de vários critérios como publico/privado, capacidade, qualidade de ensino, etc.) a localizar em 6 zonas da cidade de Santiago do Chile e simultaneamente alocar-lhes a procura desagregada socioeconomicamente de modo a maximizar os benefícios sociais do sistema escolar, tanto para os alunos como para as entidades gestoras. Existem também outros critérios que podem ser incorporados no processo de reordenamento da rede escolar. Diamond e Wright (1987) desenvolveram um modelo para determinar a alocação de alunos a um conjunto de escolas existentes, definindo assim que escolas encerrar mas garantindo condições de capacidade e contiguidade das áreas de serviço de cada escola, distância máxima e segurança no percurso dos alunos, limites de utilização e estabilidade nas alocações.

Para além dos modelos baseados no GdiP, que procuram apenas alocar alunos a uma rede existente ou, indirectamente, tomar decisões de encerrar/reduzir capacidade em escolas existentes, desenvolveram-se vários modelos que procuram responder não apenas a decisões de alocação mas também envolvem decisões de criação de novas escolas e/ou encerramento/ampliação/redução de escolas existentes, integrando múltiplos objectivos de análise. Os modelos desenvolvidos no ponto 3 deste capítulo enquadram-se neste grupo de modelos pelo que se apresenta de seguida uma revisão

sobre os principais trabalhos desenvolvidos nesta área de optimização de redes escolares.

Mattsson (1986) procurou estudar o impacto das políticas de habitação e consequentemente da estrutura do povoamento na localização de escolas do ensino básico no município de Uppsala na Suécia. O autor desenvolveu um modelo baseado no CFLP com o objectivo de encontrar um conjunto de localizações de escolas (conjunto esse de sítios que incluíam também as escolas já existentes) de modo a minimizar os custos do sistema (custos fixos de instalação das escolas e custos variáveis de funcionamento e transporte). O modelo foi aplicado para três períodos temporais onde a procura, desagregada por três níveis etários (7-9, 10-12 e 13-15 anos), foi determinada através de projecções demográficas e de cenários de evolução originando assim várias estruturas de povoamento. O território em análise foi modelado considerando 49 centros de procura e 84 centros de oferta e o modelo foi resolvido com recurso ao método do subgradiente e relaxação lagrangeana sendo permitida a alocação de um centro a vários sítios de oferta (alocação não unívoca). O estudo conclui que a concentração urbana é preferencial tanto do ponto de vista dos custos do sistema como dos tempos de deslocação sobretudo ao nível das escolas do 3º ciclo de ensino básico.

Henig e Gerchak (1986) desenvolveram um modelo dinâmico para planear a expansão de capacidade, em número de salas, necessária para ajustar uma determinada rede escolar a um conjunto de alternativas de procura calculado com base em coortes etárias num contexto de crescimento da procura devido a uma forte dinâmica de imigração. Dada a reduzida dimensão do problema analisado - uma zona de uma cidade israelita composta por apenas 3 centros e 2 sítios - foram enumeradas todas as hipóteses de alocação e para cada uma foram estimadas as necessidades prováveis em termos de salas.

Greenleaf e Harrison (1987) desenvolveram igualmente um modelo dinâmico de planeamento mas aplicado a uma rede de escolas primárias num cenário de forte redução da procura. O modelo permitia optimizar o cronograma de intervenções na rede escolar (que incluíam decisões de abertura/fechos de escolas e redução/expansão de capacidade) de modo a minimizar os custos de transporte, instalação e exploração do sistema escolar.

Tewari e Sidheswar (1987) desenvolveram um modelo de localização de escolas secundárias baseado no modelo da p-mediana e aplicaram-no a zonas rurais da Índia. O modelo procurava maximizar a população escolar servida definindo um limite máximo de distância a percorrer entre os utentes e as escolas a que ficariam atribuídos.

Viegas (1987) estudou a expansão da rede de escolas do 1º ciclo no município de Amadora, na periferia de Lisboa. Foram definidos 3 objectivos principais: estimar a procura escolar futura para a próxima década; avaliar a distância agregada de cada centro de procura à rede escolar existente e definir a expansão da rede através da construção de novas escolas e/ou expansão de escolas existentes de modo a minimizar custos e distâncias a percorrer. Para a expansão da rede escolar, constituída por 45 sítios de oferta e 202 centros de procura, foram formulados e analisados dois problemas distintos mas de certo modo complementares: minimização dos custos de construção com limite máximo de distância a percorrer e minimização da distância agregada com limite orçamental e de capacidade. O autor resolveu os problemas utilizando algoritmos do tipo "Out-of-Kilter"²² para a definição das redes, analisando os problemas estática e dinamicamente. Os resultados do estudo permitiram obter soluções de expansão da rede escolar com um investimento de cerca de metade do inicialmente proposto.

Pizzolato e Silva (1997) desenvolveram modelos de localização de escolas igualmente baseados no modelo da p-mediana e aplicaram às cidades de Nilópolis (128 centros e 22 sítios) e Nova Iguaçu (389 centros e 85 sítios). Os autores procuraram avaliar o nível de (des)ajustamento da rede escolar existente face à localização da procura registada, resolvendo inicialmente o modelo da p-mediana de modo a determinar as micro-regiões de cada um dos sítios de oferta existentes. A procura de cada micro-região (composta por um conjunto de secções estatísticas) é posteriormente comparada com a capacidade total da escola (ou da soma resultante das capacidades das escolas existentes nessa secção estatística). A análise dos resultados obtidos permitiu seguidamente formular uma proposta de localização de novas escolas e redistribuir os alunos pela "nova rede" criada originando novas micro-regiões. Ao contrário deste estudo, onde não são definidos limites de capacidade, Pizzolato, *et al.* (2004) aplicaram posteriormente o mesmo modelo mas com limites de capacidade, considerando que a

²² O algoritmo "out-of-kilter" foi inicialmente desenvolvido por Minty (1960) e Fulkerson (1961). Para informações adicionais sobre a utilização deste algoritmo na resolução de problemas de redes podem ser obtidas em Swanson (1973) e (Comley, 1996)

procura total em cada região definida não poderia ser superior à capacidade máxima de uma escola-tipo.

Antunes e Peeters (2001a; 2001b) apresentaram também um modelo dinâmico, designado de “*Dynamic Modular Capacitated Facility Location Problem*” (DMCFLP), mas para determinar a localização de escolas secundárias na Região Centro de Portugal. O modelo desenvolvido tinha como objectivo minimizar os custos de instalação e exploração do sistema (custos esses que incluíam os fixos e os variáveis em função da capacidade instalada e da procura registada em cada escola) garantindo o serviço a toda a procura instalada ao longo do período temporal de análise. O modelo era capacitado, ou seja, os equipamentos teriam que respeitar limites de capacidade nos diversos períodos temporais e uma lógica continuidade temporal tinha de ser assegurada, i.e., escolas abertas em determinado instante não poderiam ser encerradas no futuro e escolas encerradas em determinado momento não poderiam voltar a abrir. A mesma lógica foi aplicada à evolução das capacidades das escolas. O modelo foi aplicado com e sem limites orçamentais numa análise com três horizontes temporais (curto, médio e longo prazo) revelando-se muito útil na definição de redes escolares sobretudo em problemas de pequena dimensão. Os autores utilizaram uma heurística de *Simulated Annealing* (SA) e compararam os resultados com um algoritmo de *Branch-and-Bound* (B-B).

Teixeira, *et al.* (2007) desenvolveram um modelo baseado no CFLP e aplicaram ao reordenamento da rede de ensino secundário do município de Coimbra. O objectivo era o de minimizar a distância agregada de deslocações casa-escola da procura estimada para 2015, assegurando o cumprimento de um conjunto de restrições, nomeadamente a alocação unívoca da procura e a atribuição à escola mais próxima. Para a rede analisada (43 centros/sítios) o modelo foi resolvido com recurso a um software de optimização comercial. Os autores afirmam que apesar da maior dificuldade de resolução e da diminuição do óptimo global, a integração das restrições de atribuição unívoca e atribuição ao sítio mais próximo, no caso particular de redes escolares, assegura uma alocação mais coerente da procura e permite uma melhor fundamentação das opções tomadas no processo de planeamento e um maior consenso pelos agentes do processo de planeamento educativo na aceitação dos resultados obtidos.

Teixeira e Antunes (2008) desenvolveram um modelo hierárquico baseado igualmente no CFLP e aplicaram ao município de Coimbra com vista à redefinição da rede escolar municipal do 1º e 2º ciclo do ensino básico de modo a maximizar a acessibilidade da procura estimada. O modelo utilizado é discreto (as escolas apenas podem ser localizadas num determinado nº de sítios predefinidos que se encontram ligados por uma rede de estradas) e as escolas encontram-se hierarquizadas de modo a que uma escola de nível superior seja capaz de servir tanto a procura do seu nível escolar como a dos níveis escolares inferiores. Foram considerados diversos cenários de capacidades mínimas e máximas para as diferentes tipologias de escolas consideradas bem como limites máximos de deslocação a percorrer entre os centros de procura e os pontos de oferta. Consideraram-se igualmente várias restrições em termos de alocação da procura nomeadamente atribuição unívoca e atribuição à escola mais próxima sendo analisada a substituição desta última por um novo tipo de restrições de “alocação ao percurso” (*path-assignment constraints*) que segundo os autores permite que o padrão de alocações resultantes da aplicação do modelo fosse mais facilmente compreendido e aceite pelos diversos intervenientes no processo de reordenamento da rede escolar.

Müller, *et al.* (2009) apresentaram um modelo dinâmico de planeamento de redes escolares que aplicaram à cidade de Dresden na Alemanha. Num contexto de livre escolha da escola por parte dos alunos, o modelo desenvolvido foi assim bietápico, procurando numa primeira fase minimizar o número de escolas a instalar e numa segunda fase alocar os alunos às escolas definidas anteriormente, minimizando os custos de transporte e respeitando os limiares de capacidade instalada. Ainda que não permitindo expansões nem reduções de módulos de capacidade ao longo dos períodos temporais, os resultados obtidos conseguiram assim mesmo, poupanças significativas dos custos de manutenção e transporte da rede escolar.

3. UM NOVO MODELO DE PLANEAMENTO DE REDES ESCOLARES

3.1. Definição do objectivo

Da revisão efectuada nos pontos 1 e 2 do actual capítulo, é perceptível que os modelos que têm como principal objectivo a maximização da acessibilidade, por conseguinte baseados na p-mediana, apresentam-se como os mais indicados para o planeamento de redes escolares. Com efeito, o que se procura num processo de planeamento escolar é definir uma rede de escolas cuja distribuição e capacidade da oferta seja tal, que minimize a distância agregada a percorrer pela população escolar alvo. Esta assumpção é válida no contexto do sistema educativo português onde a alocação dos alunos às escolas não é feita por escolha dos mesmos (leia-se encarregados de educação), mas sim pelas autoridades responsáveis pelo planeamento e gestão da rede escolar, que no caso português e do ensino básico em particular são as câmaras municipais embora reguladas superiormente pelo ministério da educação nomeadamente pelos serviços desconcentrados das direcções regionais de educação. Este facto permite aos responsáveis alocar os alunos às escolas seguindo critérios predefinidos, normalmente focalizados na optimização da proximidade dos alunos às escolas, ou seja, na minimização das distâncias a percorrer, critério particularmente importante quando se aborda o planeamento da rede escolar em zonas rurais onde a dispersão dos alunos pelo território é maior. Já nas áreas urbanas, a optimização da acessibilidade não assume um papel tão preponderante no processo de ordenamento escolar uma vez que as discrepâncias entre as distâncias que os alunos têm de percorrer no acesso casa-escola são muito reduzidas comparativamente aos dos das áreas rurais. Ao assumir-se o controlo nas decisões de alocação dos alunos às escolas eliminam-se do processo de decisão outros factores qualitativos que poderão ser preponderantes na alocação em mercados “liberalizados” de educação onde o aluno pode escolher a escola que quer frequentar, ou seja, para efeitos de planeamento da rede, os estabelecimentos são considerados como detentores da mesma qualidade de ensino (independentemente dos critérios que aferem essa mesma qualidade), assumindo-se assim que o aluno “escolherá” sempre a escola que se localizar mais perto da sua residência.

3.2. Restrições a incorporar

Definido que está o objectivo principal de planeamento da rede escolar – minimização da distância agregada – importa agora identificar as condições

complementares que necessitam de ser asseguradas no processo de decisão, emanadas sobretudo dos normativos legais do sistema educativo português, para além de outras que apesar de não serem regularmente impostas, deverão ser incorporadas no processo de planeamento.

3.2.1 Irradiação Máxima

Uma primeira restrição que deverá ser assegurada e que condiciona fortemente a definição da rede escolar é a irradiação máxima²³. O quadro seguinte apresenta os valores da irradiação máxima admissível para os diferentes níveis de ensino básico.

Tabela 1. Irradiação máxima por nível de ensino básico

Nível de ensino	A pé (km)	Em transporte público (min.)
1º CEB	1,5	40
2º e 3º CEB	2,2	60

Fonte: DGAE, 1999, extraído de Critérios de Reordenamento da Rede Educativa, (DAPP-ME, 2000a).

A incorporação destes valores de distância máxima a percorrer no modelo desenvolvido é feita considerando as irradiações máximas em transporte público. Para os efeitos do trabalho desenvolvido foram consideradas velocidades constantes de circulação em transporte público de 30 km/h pelo que as distâncias máximas admissíveis para os diferentes níveis de ensino foram de 20 e 30 km para o 1º CEB e 2 e 3º CEB respectivamente.

3.2.2 Limites de Capacidade

Outro dos critérios indispensáveis no processo de planeamento de uma rede escolar é a garantia de que determinados limiares de capacidade das escolas sejam assegurados para que se garanta sustentabilidade económica e qualidade educativa do sistema de ensino. As normas de programação do Ministério da Educação recomendam limites mínimos e máximos para cada tipologia de escola existente no sistema de ensino português de modo a assegurar um correcto funcionamento do equipamento escolar. O modelo a considerar será portanto um modelo “capacitado” do tipo CFLP. Os valores de

²³ Irradiação máxima – distância máxima entre a escola e os locais de residência da população medida ao longo dos eixos de via.

capacidade encontram-se no entanto relacionados com outro critério de planeamento - a modularidade – pelo que os valores considerados encontram-se referidos no ponto seguinte.

3.2.3 Modularidade

Uma última condição presente nas normas de planeamento de equipamentos escolares diz respeito à modularidade das escolas. O ministério definiu para cada tipologia de escola, um conjunto de dimensões “standard” baseadas em módulos de salas. No caso de escolas de tipologia EB1, são definidos módulos de 4 salas (1 para cada ano de escolaridade do 1º ciclo) podendo as escolas ter dimensões de 4, 8 ou 12 salas. Já na tipologia EB2,3 os módulos são de 5 salas (mais uma vez uma sala para cada ano de escolaridade) compreendendo dimensões de 10, 15, 20 ou 25 salas. Os limites de capacidade referidos anteriormente encontram-se assim associados a cada módulo instalado na tipologia de escola.

As orientações regulamentares para a aplicação de limites de capacidade devem contudo ser aplicadas tendo em conta o contexto local do território a planear. Nas zonas de baixa densidade torna-se por vezes inviável a garantia dos limiares mínimos de capacidade preconizados, levando a que para a sua garantia fossem necessárias áreas de influência muito alargadas, conflituando portanto com os limites de irradiação definidos. A este propósito, aquando da implementação do Programa Nacional de Requalificação da Rede do 1.º Ciclo do Ensino Básico e da Educação Pré-escolar, o Ministério da Educação definiu um limite mínimo de 80 alunos para uma escola EB1 de 4 salas, admitindo no entanto o funcionamento de escolas com menos de 4 salas desde que integradas em agrupamentos escolar, situação que definiu também como transitória e que deveria gradualmente diminuir com a reforma implementada (GEPE/ME, 2007). De facto, quando foi iniciado o processo de reordenamento da rede escolar as orientações ministeriais definiram sequencialmente como critério de decisão de encerramento os limites mínimos de 10 e 20 alunos por escola EB1. Esta diferença de limiares mínimos foi contemplada no processo de reordenamento escolar, considerando assim a distinção entre escolas existentes e novas escolas, assumindo-se assim, para as

escolas existentes, uma dimensão de 10 alunos/turma e para as escolas novas foram considerados os limites estipulados pelo Ministério da Educação.

Tabela 2. Limites de capacidade por módulo para tipologias de escolas do ensino básico novas e existentes

Tipologia	Mínimo de alunos/módulo (n.º)		Máximo de alunos/módulo (n.º)
	Existentes	Novas	
EB1	40	80	100
EB2,3	50	100	150

Fonte: adaptado de DGAE, 1999, extraído de *Critérios de Reordenamento da Rede Educativa*, (DAPP-ME, 2000a)

3.2.4 Outras restrições não formais

As condições identificadas anteriormente decorrem dos normativos legais impostos pelo ministério da educação e que portanto não estão à partida abertas a “negociação”. No entanto existem ainda outras restrições que deverão ser consideradas no modelo de planeamento e que não decorrem de obrigações legais, estando relacionadas sobretudo com questões de aplicabilidade, coerência e exequibilidade do processo de reordenamento.

Uma dessas restrições é o facto de que qualquer decisão de atribuição dos alunos de determinado aglomerado a uma determinada escola terá de ser na maioria dos casos **unívoca**, i.e., todos os alunos de um mesmo aglomerado (centro) terão de ser afectos à mesma escola (sítio). Esta condição é indispensável para o garante da coerência das propostas a apresentar. Como poderiam as populações residentes num determinado aglomerado entender e aceitar que os alunos aí residentes pudessem ser afectos a diferentes escolas, ainda que porventura localizadas a igual distância/tempo? Qual seria o critério de selecção para decidir quem vai para onde? Como facilmente se poderá compreender, para bem da exequibilidade do processo, a restrição de atribuição unívoca terá de ser incorporada no modelo de planeamento.

À escala municipal, as cidades (ou vilas) exercem um “efeito centrípeto” sobre os territórios rurais envolventes fruto da elevada concentração de equipamentos, serviços e actividades económicas, gerando fluxos de pessoas que ocorrem na sua larga maioria num só sentido - o de entrada. É portanto admissível e compreensível considerar que quem vive na cidade não se disponha a sair dos limites desta para ser servido pela

maioria dos equipamentos colectivos públicos²⁴ que à partida, por força quanto mais não seja da concentração demográfica, terão que existir obrigatoriamente primeiro na cidade e só depois nas áreas periurbanas e rurais envolventes de modo a melhor servirem toda a sua eventual procura. Assim o modelo deverá integrar esta restrição hierarquizando para tal os centros de procura (que coincidem com os sítios de oferta) em três níveis: no 1º nível estarão as freguesias sede de concelho ou que integram parcial ou totalmente os limites de uma cidade; no 2º nível integram-se as freguesias que possuam pelo menos uma vila e no 3º nível as restantes freguesias. Assim, um aluno poderá apenas ser servido por escolas que se localizem em freguesias de nível hierárquico igual ou superior ao do centro de oferta de origem.

3.3. Formulação do Modelo

Definidas que estão as restrições a considerar no processo de reordenamento, apresenta-se de seguida a notação utilizada na definição do modelo de planeamento. O modelo desenvolvido baseia-se no de Teixeira, *et al.* (2007) mas foi reformulado de modo a permitir resolver simultaneamente vários níveis de ensino e a integrar o factor de modularidade imposto pelas normas do Ministério da Educação.

Seja $I = \{1, \dots, n\}$ o conjunto de centros de procura; $J = \{1, \dots, n\}$ o conjunto de sítios onde existe ou pode existir um equipamento escolar; $S = \{1, \dots, n\}$ o conjunto de níveis de procura assim como de tipologias escolares; u_{is} é a procura do nível s localizada no centro i ; B_{js} é número de módulos em escolas do tipo s existentes no sítio j ; m_s e M_s são respectivamente, o número mínimo e máximo de módulos admissíveis em escolas do tipo s ; c_s^{Emin} e c_s^{Nmin} são respectivamente o número mínimo de alunos a instalar por módulo existente e novo em escolas do tipo s ; C_s^{max} é o número máximo de alunos a instalar por módulo em escolas do tipo s ; P_s é o número máximo de novos módulos a instalar em escolas do tipo s ; F_s é o número máximo de módulos a

²⁴ Existem contudo determinados equipamentos onde a localização dentro dos limites das cidades é até desaconselhável (aterros sanitários, quartéis de bombeiros de combate florestal, etc.).

encerrar em escolas do tipo s ; D_s é a distância máxima casa-escola para o nível de ensino s .

As variáveis decisórias do modelo são definidas do seguinte modo: x_{ijs} é a percentagem de alunos do nível s localizados no centro i que são servidos pela escola existente no sítio j ; $Y_{js}^E = 1$ se se mantiver escola do tipo s no sítio j , caso contrário o valor será nulo; $Y_{js}^N = 1$ se se abrir escola do tipo s no sítio j , caso contrário o valor será nulo; w_{js}^E é o número de módulos a manter em escolas do tipo s existentes no sítio j ; w_{js}^N é o número de módulos a instalar em escolas novas do tipo s existentes no sítio j ; z_{js}^E é o número de alunos a instalar em módulos a manter em escolas do tipo s existentes no sítio j ; z_{js}^N é o número de alunos a instalar em módulos novos em escolas do tipo s existentes no sítio j . O modelo tem assim a seguinte formulação.

Minimizar

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} d_{ij} u_{is} x_{ijs} \quad (26)$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_{j \in J} x_{ijs} = 1, \quad \forall i \in I, s \in S, \quad (27)$$

$$x_{ijs} \leq Y_{js}^E + Y_{js}^N, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S, \quad (28)$$

$$\sum_{k \in J | d_{ik} \leq d_{ij}} x_{iks} \geq Y_{js}^E, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S, \quad (29)$$

$$\sum_{k \in J | d_{ik} \leq d_{ij}} x_{iks} \geq Y_{js}^N, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S, \quad (30)$$

$$z_{js}^E + z_{js}^N = \sum_{i \in I} x_{ijs} u_{is}, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (31)$$

$$w_{js}^E \geq m_s Y_{js}^E, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (32)$$

$$w_{js}^E \leq B_s Y_{js}^E, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (33)$$

$$w_{js}^N \geq m_s Y_{js}^N, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (34)$$

$$w_{js}^N \leq M_s Y_{js}^N, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (35)$$

$$z_{js}^E \geq w_{js}^E C_s^{E \min}, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (36)$$

$$z_{js}^E \leq w_{js}^E C_s^{E \max}, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (37)$$

$$z_{js}^N \geq w_{js}^N c_s^{N\min}, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (38)$$

$$z_{js}^N \leq w_{js}^N c_s^{N\max}, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (39)$$

$$z_{js}^E \geq B_{js} Y_{js}^N c_s^{N\max} R, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (40)$$

$$Y_{js}^N \leq Y_{jt}^E + Y_{jt}^N + Y_{js}^E, \quad \forall j \in J, \forall s, t \in S \mid s > t, \quad (41)$$

$$\sum_{j \in J} w_{js}^N \leq P_s, \quad \forall s \in S, \quad (42)$$

$$\sum_{j \in J} w_{js}^E \geq \left(\sum_{j \in J} w_{js}^0 \right) - F_s, \quad \forall s \in S, \quad (43)$$

$$x_{ijs} = 0, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S \mid t_i > t_j, \quad (44)$$

$$x_{ijs} = 0, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S \mid d_{ij} > D_s, \quad (45)$$

$$x_{ijs} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S, \quad (46)$$

$$Y_{js}^E \in \{0, 1\}, Y_{js}^N \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in J, s \in S, \quad (47)$$

$$w_{js}^E \geq 0, w_{js}^N \geq 0, z_{js}^E \geq 0, z_{js}^N \geq 0, \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S. \quad (48)$$

As restrições (27) garantem que a procura de todas as freguesias e de todos níveis de ensino seja servida. As restrições (28) asseguram que só se possam atribuir alunos dos vários níveis apenas a sítios onde existam escolas do nível de ensino correspondente (quer sejam escolas existentes ou novas). As restrições (29) e (30) asseguram a atribuição dos alunos à escola mais próxima para cada um dos níveis de ensino (quer sejam escolas existentes ou novas). As restrições (31) definem a capacidade utilizada das escolas existentes e novas de cada nível de ensino. As restrições (32) e (33) asseguram que, caso as escolas existentes se mantenham abertas, sejam garantidos limiares mínimos e máximos de módulos. As restrições (34) e (35) definem o mínimo e máximo de módulos admissíveis para escolas novas de cada nível de ensino. As restrições (36), (37), (38) e (39) asseguram o número mínimo e máximo de alunos por cada módulo instalado em cada sítio e em cada nível de ensino. As restrições (40) implicam que só se possam inserir novas capacidades se se esgotar uma percentagem R da capacidade existente em cada sítio e em cada nível de ensino ($Y_{js}^N \leq Y_{js}^E$ está implícito o que garante que não se abram novas escolas em sítios onde simultaneamente se encerrem escolas existentes). As restrições (41) garantem que só se possam abrir novos módulos de tipologia superior em sítios onde existam módulos de tipologia igual

ou inferior. Para $s = 1$ estas deixam de ser necessárias podendo ser removidas. As restrições (42) definem o número máximo de novos módulos a instalar e as restrições (43) definem o número máximo de módulos existentes a encerrar. As restrições (44) asseguram que só se possam atribuir alunos a escolas em freguesias de nível hierárquico igual ou superior à freguesia de origem. As restrições (45) garantem que nenhum aluno seja atribuído a escolas cuja distância seja superior à distância máxima estipulada para cada nível de ensino. As restrições (46) definem como binárias as variáveis de atribuição, assegurando a atribuição unívoca. De notar que também estas últimas restrições são redundantes dado que as restrições (29) e (30) “forçam” as variáveis x_{ijs} a serem obrigatoriamente binárias, no entanto a sua manutenção assegura uma resolução mais rápida do problema. As restrições (47) definem como binárias as variáveis de localização. As restrições (48) definem como inteiras as variáveis de capacidade (quer de módulos quer de alunos).

Apesar de o modelo ser hierárquico, e portanto permitir a análise de uma rede com múltiplos níveis, este não obriga contudo a que as alocações de alunos de níveis distintos sejam obrigatoriamente coincidentes uma vez que as restrições (41) garantem que as localizações da capacidade por nível apenas coincidirão nos casos em que se propõe a alocação de novos módulos de níveis superiores a sítios novos ou onde já exista capacidade instalada dos níveis inferiores.

Se se pretender implementar soluções onde se imponha uma atribuição simultânea da procura dos vários níveis de escolaridade a um mesmo destino, será necessário substituir as restrições (41) pelas seguintes

$$x_{ijs} \geq x_{ijt}, \quad \forall i \in I, j \in J, \forall s, t \in S \mid s > t \quad (49)$$

Esta formulação obriga a que todos os sítios previstos onde seja previsto abrir ou manter uma escola integrem os vários níveis de ensino considerados. Na prática, os resultados da aplicação desta variante do modelo hierárquico permitem identificar cenários de criação de redes de ensino básico compostas apenas por sítios equivalentes a Escolas Básicas Integradas (EBI). Na fase de desenvolvimento do Sistema de Apoio a Decisão (SAD) que será apresentada no capítulo seguinte optou-se por implementar estas duas variantes do modelo em dois módulos distintos – o Módulo 2, para análise de

das tipologias de ensino de modo separado e o Módulo 3 para análise hierárquica conjunta da rede escolar.

Para além do modelo hierárquico desenvolvido para o planeamento de redes escolares apresentado, foi igualmente utilizado um modelo simplificado de optimização cujo objectivo é o de optimizar a alocação dos alunos dos centros de procura a uma rede de escolas já existente ou previamente definida – Módulo 1. Como a localização e respectivas capacidades dos sítios de oferta encontram-se já definidas, o modelo torna-se bastante mais simples contendo apenas uma variável de decisão - x_{ij} . A formulação apresentada de seguida baseia-se no modelo p-mediana, ao qual se adicionou apenas uma restrição que faz com que a hierarquia das freguesias seja respeitada nas decisões de alocação, conforme referido no ponto 3.2.4 do capítulo anterior.

Importa também referir que a atribuição unívoca é igualmente assegurada mas neste caso apenas para as freguesias rurais e periurbanas, permitindo que os alunos das freguesias urbanas possam ser distribuídos livremente pelas diversas escolas da mesma área urbana (cidade) independentemente da freguesia a que pertencem. O modelo tem a seguinte formulação:

Minimizar

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} u_i x_{ij} \quad (50)$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \forall i \in I, \quad (51)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq z_j, \forall j \in J, \quad (52)$$

$$x_{ij} = 0, \forall i \in I, j \in J \mid t_i > t_j, \quad (53)$$

$$x_{ij} = 0, \forall i \in I, j \in J \mid d_{ij} > D, \quad (54)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall j \in J, i \in I \mid t_i < 2, \quad (55)$$

As restrições (51) garantem que a procura de todas as freguesias seja servida. As restrições (52) asseguram que só se possam atribuir alunos apenas a sítios onde exista capacidade instalada. As restrições (53) asseguram que só se possam atribuir alunos a escolas em freguesias de nível hierárquico igual ou superior à freguesia de origem. As restrições (54) garantem que nenhum aluno seja atribuído a escolas cuja distância seja

superior à distância máxima estipulada. As restrições (55) asseguram a atribuição unívoca para as freguesias rurais e periurbanas.

Após a formulação dos modelos de planeamento importa agora integrá-los com ferramentas de auxílio ao decisor nas tomadas de decisão do processo de planeamento. O processo de planeamento de redes escolares implica a tomada de importantes decisões que envolvem normalmente avultadas verbas financeiras e produzem impactos significativos nas populações envolvidas directamente no território alvo do processo de planeamento. Importa pois assegurar que todos os cenários e alternativas possam ser amplamente analisados de modo a que a decisão seja a mais informada possível. Os sistemas de apoio à decisão (SAD) revelam-se assim como ferramentas fulcrais permitindo a criação de alternativas e a comparação dos diversos cenários. Estes permitem lidar com problemas de decisão cuja dimensão ultrapassa a capacidade cognitiva normal ou excede os recursos disponíveis. Ao utilizar um SAD o decisor pode especificar e modelar os processos de decisão, representar e gerir o conhecimento existente e assim tomar decisões mais informadas e racionais.

Através da utilização conjunta de uma ferramenta de optimização e de um sistema de informação geográfica (SIG) é possível desenvolver um sistema espacial de apoio à decisão (SEAD) que garanta uma análise expedita dos diferentes cenários e alternativas admissíveis, fruto das inúmeras combinações dos parâmetros presentes no processo de planeamento de uma rede escolar. No próximo capítulo será descrito o Sistema Espacial de Apoio à Decisão para o Planeamento de Redes Escolares (SEADPRE) desenvolvido nomeadamente no que diz respeito às suas componentes, interfaces e funcionalidades.

CAPÍTULO V.

SISTEMA ESPACIAL DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEAMENTO DE REDES ESCOLARES (SEADPRE)

Os problemas de decisão que envolvam dados geográficos e informação são designados por problemas de decisão espacial e caracterizam-se, normalmente, por permitirem a inclusão de um grande número de alternativas de decisão, cujas consequências ou resultados diferem no espaço (Malczewski, 1997). Cada alternativa é avaliada com base em múltiplos critérios de avaliação que podem ser qualitativos e/ou quantitativos e normalmente envolvem mais do que um decisor (ou grupo de interessados) com “visões” distintas relativamente ao grau de importância dos mesmos e das consequências das decisões tomadas, como é o caso concreto das redes escolares, onde os “actores” presentes no processo de decisão (pais, professores, autarquias, políticos, Estado, etc.) defendem alternativas muitas vezes antagónicas e conflitantes. Se juntarmos o facto de que as próprias decisões deste tipo de problemas encerram em si normalmente vários factores de incerteza, rapidamente se percebe o grau de dificuldade na tomada de decisão deste tipo de problemas, sendo portanto crucial para o seu sucesso a quantidade e qualidade da informação disponibilizada e a sua integração num sistema de apoio à decisão (SAD).

Os SAD são sistemas baseados em computadores, interactivos e que asseguram um auxílio determinante aos decisores nos processos de identificação e resolução de problemas bem como de tomada de decisões, recorrendo para tal à compilação e manipulação de dados, aplicação de heurísticas e construção e utilização de modelos matemáticos.

Com base nas definições sugeridas por vários autores (Keen e Morton, 1978; Alter, 1980; Bonczek, *et al.*, 1981; Sprague e Carlson, 1982; Turban e Liebowitz, 1992) um SAD pode ser descrito como um sistema interactivo baseado em computadores de apoio à decisão que:

1. apoia o decisor, não o substituindo;
2. utiliza dados e modelos;
3. resolve problemas com vários graus de estruturação²⁵
4. tem como objectivo melhorar a eficácia das decisões e não a eficiência com que as decisões são tomadas (facilitando o processo de decisão).

²⁵ (a) Problemas não estruturados ou mal-estruturados ((Bonczek, *et al.*, 1981); (b) Problemas semi-estruturados (Keen e Morton, 1978); (c) Problemas semi-estruturados e não estruturados (Sprague e Carlson, 1982)

O SAD deverá ajudar o decisor a resolver problemas não estruturados ou semi-estruturados e deverá interactivamente, interrogá-lo, recorrendo para tal a uma linguagem de fácil aprendizagem e utilização (Bonczek, *et al.*, 1980)

1. SISTEMA ESPACIAL DE APOIO À DECISÃO

Nos últimos anos tem-se assistido a um incremento na investigação e no desenvolvimento de Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão (SEAD). O aparecimento do conceito de SEAD está relacionado com a necessidade de expansão das capacidades dos SIG para a resolução de problemas complexos de decisão espacial (Densham, 1991). A investigação desenvolvida neste campo tem proporcionado muitas correntes diferenciadas, mas com uma origem comum e, portanto, com terminologias semelhantes (p. ex. sistemas de apoio à decisão ambientais, colaborativos, para grupos, baseados em conhecimento, periciais, etc.). Segundo Lorena *et al.* (2001) a integração gradual que tem vindo a ocorrer dos SIG com técnicas de investigação operacional para resolver problemas de localização justifica-se pelas capacidades dos SIG em armazenar, exibir e manipular dados espacialmente distribuídos. Segundo Fischbeck (1994) os SIG integram uma sofisticada interface gráfica com uma base de dados georreferenciados, constituindo poderosas ferramentas de análise e planeamento espacial.

1.1. Integração de SIG em SEAD

Segundo Longley *et al* (2005) um sistema de informação geográfica (SIG) é um caso particular de sistema de informação ou de sistema de gestão de base de dados (SGBD) que combina informação georreferenciada com informação alfanumérica não georreferenciada.

Existem no entanto outras definições para SIG, cada uma baseada no tipo de utilizador e respectivo domínio de aplicação (Maguire, 1991). A metodologia de base de dados define o SIG como uma base de dados geográficos não convencional que possibilita a gestão de dados espaciais. A visão orientada para processos considera o SIG como um conjunto de subsistemas integrados, onde os dados passam por uma sequência de processos de transformação. Segundo Burrough e McDonnell (1998), SIG

é “um conjunto poderoso de ferramentas para recolha, armazenamento, extracção, transformação e apresentação de dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de objectivos”. Na mesma linha, Church e Murray (2009) definem um SIG como um sistema composto por hardware, software e procedimentos concebidos para apoiar a tomada de decisões geográficas através das suas capacidades de aquisição, manipulação, gestão, análise e apresentação de informação georreferenciada. No contexto deste trabalho, é esta a definição que será considerada.

Os SIG distinguem-se de outros sistemas de informação capazes de utilizarem dados georreferenciados por incluírem a capacidade adicional de executar operações espaciais (Goodchild, 1997). Como consequência desta característica, este tipo de sistemas de informação tornam possível a realização de análises espaciais. O interface associado a este tipo de sistemas é, normalmente, composto por dois componentes: um alfanumérico e outro gráfico.

1.1.1 A importância dos SIG na tomada de decisão

Segundo Simon (1960), o processo de tomada de decisão pode ser estruturado em 3 fases interactivas e iterativas fundamentais (Figura 23). O mesmo autor afirma que o processo de geração de alternativas e subsequente escolha da melhor segue uma lógica racional limitada dando-se tendencialmente primazia às soluções satisfatórias em detrimento das soluções óptimas. As três fases do processo de decisão não têm necessariamente de seguir um caminho linear, podendo a qualquer momento o processo de tomada de decisão regressar a uma fase anterior. Cada uma das três fases do processo de tomada de decisão exige um tipo de informação diferente podendo os SIG desempenhar um papel importante em cada uma delas.

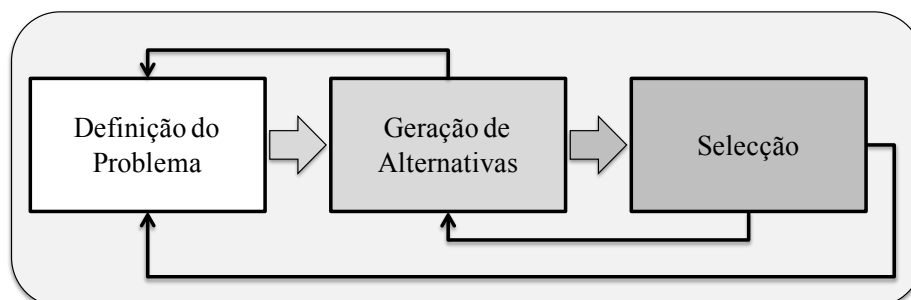


Figura 23. Fases do processo de decisão segundo Simon (1960)

Um problema de decisão espacial é definido pela diferença entre o estado existente e o estado desejado de um sistema geográfico que representa uma determinada realidade (Simon, 1960). A fase de definição do problema (ou fase de “*inteligência*” segundo o autor, recorrendo ao significado militar da palavra) envolve a identificação no contexto geográfico em causa de condições que invoquem uma tomada de decisão, requerendo assim uma análise exploratória do estado actual (“*searching the environment.*” nas palavras originais do autor). Para tal, nesta fase são obtidos, processados e examinados os dados de base, para se poderem identificar oportunidades ou problemas, podendo aqui os SIG desempenhar um papel vital. Através das suas funções de aquisição, armazenamento, interrogação e gestão de dados é possível converter a situação que retrata a realidade para uma base de dados geográficos através da integração de dados de diversas fontes, e apresentar a informação gerada sobre o problema de um modo bastante compreensível e graficamente apelativo para os decisores.

A fase de geração de alternativas (“*Design*”) consiste na criação, desenvolvimento e análise de um conjunto de possíveis cenários de solução para o problema identificado na fase anterior com base num modelo formal previamente definido. Um modelo é uma representação simplificada da realidade que, no contexto de decisão espacial, representa os aspectos mais relevantes da situação de decisão constante na base de dados geográficos e no modelo de dados utilizado (normalmente vectorial ou matricial). Esta representação é feita através da estruturação e da formalização dos dados e informações disponíveis, relacionadas com o problema.

As alternativas de decisão espaciais são delineadas através da manipulação e análise dos dados e informações armazenadas no SIG o qual, através das suas capacidades de relação espacial de conectividade, contiguidade, proximidade e métodos de sobreposição topológica permite rapidamente gerar múltiplos cenários para o problema em análise (Malczewski, 1997)

A fase de selecção consiste na escolha de uma das alternativas disponibilizadas na fase anterior. Cada alternativa é avaliada e analisada comparativamente às outras em função de um conjunto predeterminado de critérios de decisão que estabelecem a sua

ordenação, sendo esta efectuada com base no grau de importância estabelecido pelo decisor para cada critério.

Os SIG, em termos gerais, carecem contudo de mecanismos flexíveis que facilitem a incorporação das preferências do decisor no processo de tomada de decisão, dada a natureza estática do processo de modelação que estes sistemas incorporam, reduzindo assim de algum modo a sua aplicabilidade como ferramentas de apoio à decisão, sobretudo no que diz respeito à fase de selecção (Malczewski, 1997).

1.2. Integração de modelos de planeamento e SIG

No caso concreto de problemas de decisão de localização as funcionalidades presentes num SIG garantem uma grande capacidade de apoio à análise e modelação, no entanto estas funções de análise carecem ainda de algum desenvolvimento para poderem garantir uma análise e modelação eficaz de problemas de optimização mais complexos. Os SIG representam contudo uma importante mais-valia nos problemas de localização sobretudo na fase de pré-processamento dos dados e consequente “alimentação” dos modelos, na fase de visualização de resultados e de nos casos de problemas mais simples, na fase de resolução (Murray, 2010).

A resolução de problemas de localização, dependendo do tipo de problema e modelo a utilizar, pode ser realizada com recurso a um SIG. Vários softwares comerciais existentes no mercado integram módulos específicos de suporte à modelação de problemas de localização, tais como o TransCAD, o MapInfo e o ArcGIS, entre outros. A este respeito, a ESRI na sua última versão do software ArcGIS (versão 10) integra na extensão de análise de redes “*Network Analyst*” uma funcionalidade²⁶ designada “*location-allocation*” justamente para a resolução de problemas de localização baseados em modelos de planeamento desenvolvidos pela teoria da localização (p-mediana, maximização de cobertura, etc.) e heurísticas já bastante consolidadas como a substituição de vértices de Teitz e Bart (1968) e a GRIA (Global/Regional Interchange Algorithm) de Densham e Rushton (1992). Estas

²⁶ Apesar de ser apresentada como uma nova funcionalidade, uma vez que nas versões anteriores do Network Analyst do ArcGIS esta funcionalidade não existia, importa referir que a mesma já estava presente em softwares SIG mais antigos da ESRI, nomeadamente na versão 7 do ARC/INFO tendo sido utilizada para resolver vários problemas de localização, e.g. Gerrard *et al* (1997)

funcionalidades ainda não permitem resolver no entanto problemas mais complexos sendo portanto necessário que os SIG garantam alguma flexibilidade na interação e integração com os outros softwares de programação e optimização que permitem a resolução de modelos mais complexos.

Segundo Maguire, *et al.*(2005) a integração de modelos de localização com softwares SIG pode ser feita normalmente de três modos.

- Ligação Fraca (“*Loose Coupling*”)
- Ligação Forte (“*Tight Coupling*”);
- Integração Total (“*Full Integration*” ou “*Embedded*”).

Numa integração fraca o software SIG é utilizado na compilação e pré-processamento dos dados geográficos estruturando-os de modo a serem utilizáveis pelo modelo. Os dados são exportados para ficheiros de formato compatível com o software de modelação/optimização sendo utilizados como inputs do modelo a resolver. O modelo é então resolvido e os resultados são igualmente exportados para ficheiros de dados que serão posteriormente lidos e disponibilizados graficamente pelo software SIG.

As vantagens deste tipo de integração residem sobretudo na facilidade de aplicação e na portabilidade, uma vez que não são necessários elevados conhecimentos em programação para implementar uma solução desta natureza e o mesmo modelo pode ser utilizado com diferentes softwares SIG desde que se assegure a compatibilidade dos ficheiros de exportação/importação de dados entre o modelo e o SIG. Esta portabilidade pode contudo tornar-se algo difícil pois nem todos os softwares SIG permitem exportação/importação de dados no mesmo formato ou estrutura, sendo necessário ajustar para cada caso.

Numa integração forte, onde é feita uma integração total entre o modelo e o software SIG numa interface comum, o modelo é desenvolvido “fora” do software SIG e possui a sua própria estrutura de dados. Neste caso a troca de informação com o SIG (dados de input e resultados do modelo para posterior apresentação gráfica) é feita de um modo automático, recorrendo a rotinas implementadas no software SIG que fazem

uso das suas ferramentas interactivas, não tendo o utilizador do sistema acesso a esse processo. Este tipo de abordagem requer normalmente um forte investimento de programação e de gestão de dados e a portabilidade dos modelos é algo restrita. As linguagens de programação a utilizar podem ser específicas de um determinado software SIG, como o *Avenue* (Bender, *et al.*, 2002; Caro, *et al.*, 2004; Teixeira, *et al.*, 2007; Teixeira e Antunes, 2008) e o *MapBasic* (Camm, *et al.*, 1997), ou então linguagens gerais como *Visual Basic* (Johnson, 2001; Ribeiro e Antunes, 2002) e *C++* (Yeh e Chow, 1996; Liu, *et al.*, 2006) entre outras.

Numa abordagem de integração total existem basicamente 2 modos de integração: (a) o modelo é embebido e resolvido no SIG utilizando as próprias funcionalidades de álgebra de mapas e de criação de rotinas deste último (e.g. no caso do ArcGIS o ModelBuilder) assim como as suas capacidades de programação (*VBA*, *Python*, etc.); (b) um SIG “simples” é incorporado no software onde o modelo é desenvolvido e resolvido, para interacção com o utilizador e/ou visualização de resultados.

1.3. O SEADPRE

O Sistema Espacial de Apoio à Decisão desenvolvido para este trabalho faz uso da plataforma SIG *ArcGIS 9.2* (ESRI, 2006) e do software de optimização *FICO™ Xpress Optimization Suite 7.1* (FICO, 2009a)²⁷. A estratégia de integração aplicada pode ser considerada como forte como se pode verificar na arquitectura do sistema apresentada na figura 24.

Os modelos foram desenvolvidos no *Xpress-IVE*, uma interface gráfica que permite desenvolver, compilar e analisar problemas de optimização, recorrendo a uma linguagem de programação própria – *Xpress-Mosel* (FICO, 2009b). No Anexo I são apresentados os 3 modelos desenvolvidos em linguagem *Mosel* para o SEADPRE.

Cada modelo foi posteriormente compilado num ficheiro *BIM* – “*Binary Model File*” –, um formato executável genérico que permite que os modelos possam ser utilizados noutros computadores e plataformas (desde de que se assegure o acesso ao

²⁷ Este pacote comercial engloba as seguintes versões de programas: *Xpress-IVE 1.20.01*, *Xpress-Mosel 3.0.0* e *Xpress-Optimizer 20.00.05*

software de optimização *Xpress-Optimizer*) garantindo assim a portabilidade dos modelos.

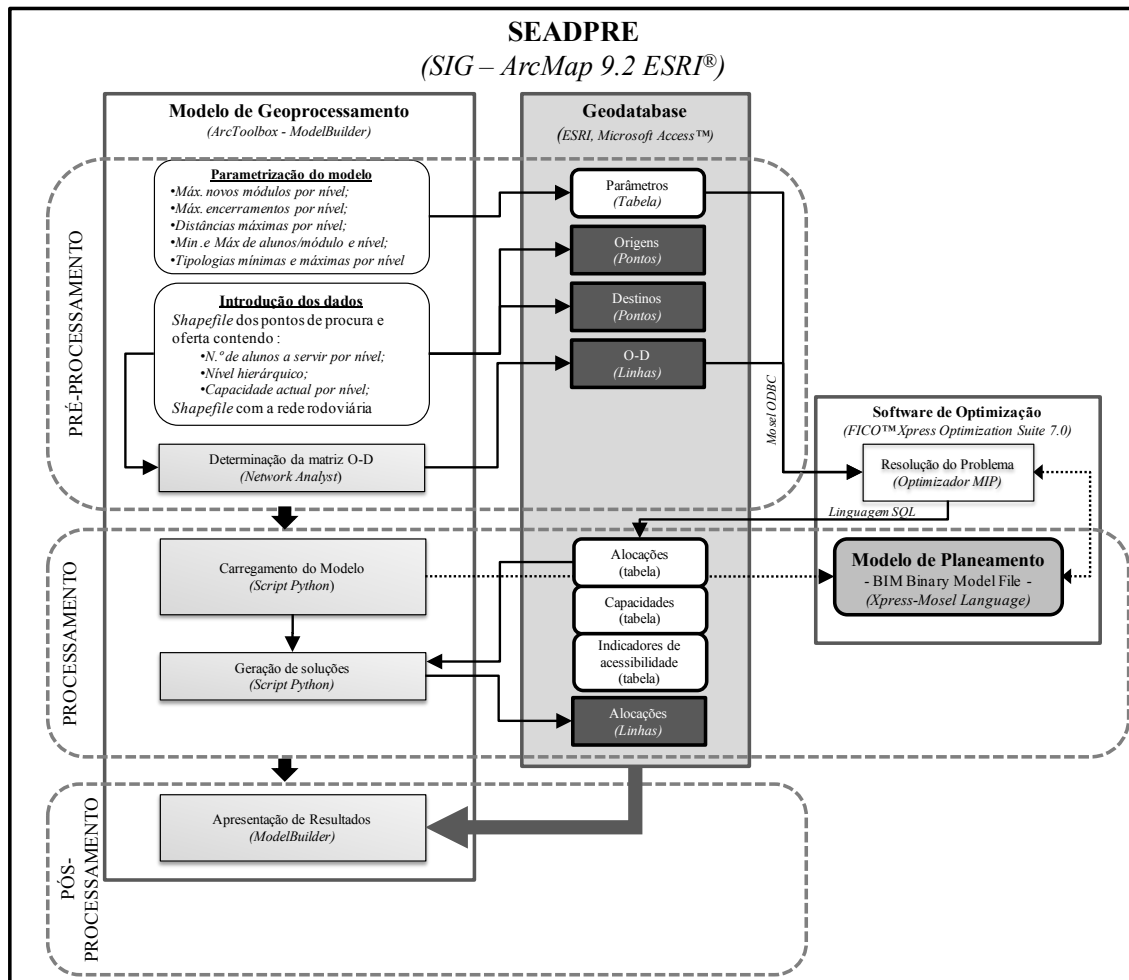


Figura 24. Arquitectura de funcionamento do SEADPRE

Os modelos desenvolvidos integram rotinas que permitem comunicar com uma base de dados *Microsoft Access™*, recorrendo ao módulo *Mosel ODBC*, que é incorporado nos modelos através do comando *uses 'mmodbc'*. Deste modo é possível utilizar linguagem *SQL* para aceder aos dados de base de input para os modelos de optimização assim como exportar de forma estruturada os resultados obtidos após a resolução destes, para poderem ser apresentados graficamente no SIG.

Esta metodologia foi adoptada dado que o ArcGIS funciona sobretudo com *geodatabases*²⁸, que podem ser criadas em *Microsoft Access™* quando o sistema

²⁸ Geodatabase é uma origem de dados desenvolvida pela ESI como formato nativo do ArcGIS e define-se como uma compilação de conjuntos de dados geográficos de variados tipos (matriciais, vectoriais, tabulares, etc.7), organizados numa pasta ou numa base de dados relacional que pode ser desenvolvida em múltiplos sistemas de gestão de base de dados (SGBD) (ESRI, 2008)

necessita apenas de um utilizador (quando é necessário um ambiente de múltiplos utilizadores, estas têm de ser implementadas noutros sistemas de gestão de base de dados como *ORACLE*, *Microsoft SQL Server*, *IBM DB2* ou *Informix®*).

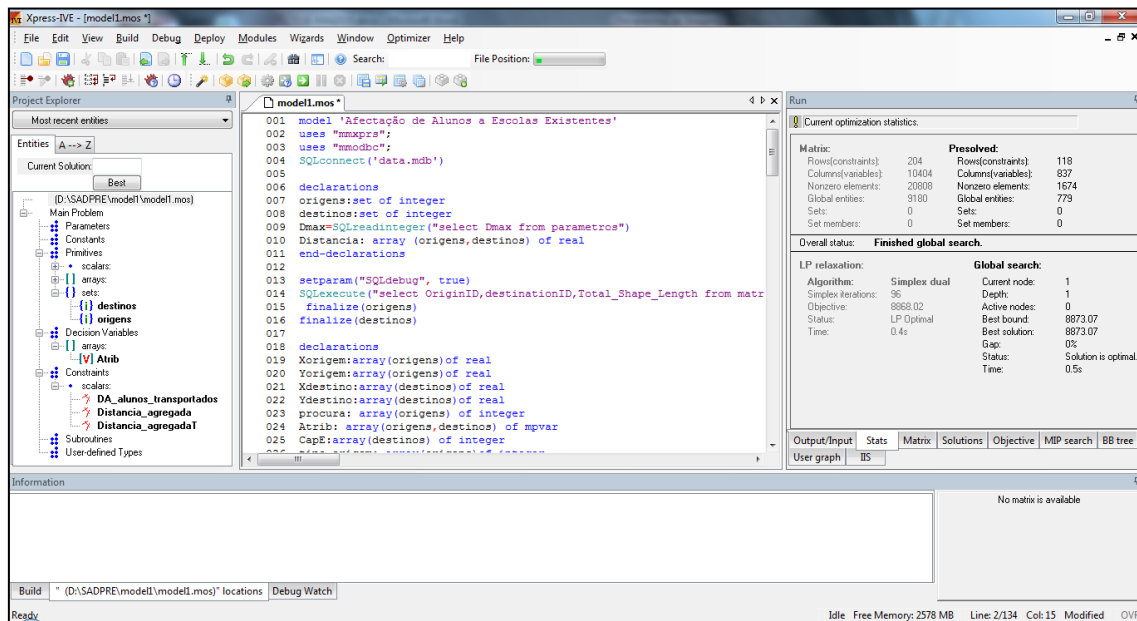


Figura 25. Interface gráfica *Xpress-IVE* para desenvolvimento dos modelos em *Mosel*

Ao nível do SIG foram desenvolvidos modelos de geoprocessamento através da utilização do *ModelBuilder* para cada um dos problemas de optimização a implementar. O *ModelBuilder* é uma aplicação do ArcGIS que permite construir modelos de análise espacial e rotinas de geoprocessamento, recorrendo quer a um conjunto de ferramentas pré-existentis ou desenvolvendo novos modelos reutilizáveis e partilháveis. Estes modelos de análise espacial podem ser implementados como processos que posteriormente são executados, permitindo a visualização e a exploração dos resultados. Dado que permitem ser parametrizados, asseguram flexibilidade para a realização de múltiplas execuções do mesmo modelo, vocacionando-se assim para a análise de cenários necessária nos processos de planeamento.

A principal função destes modelos de geoprocessamento no SEADPRE, é funcionarem essencialmente como agentes de pré e pós processamento dos modelos de planeamento a otimizar, ou seja, permitirem ao utilizador do SEADPRE interagir com os modelos de planeamento desenvolvidos, introduzindo os elementos iniciais necessários ao processo de análise e optimização bem como definir os parâmetros de análise (fase de pré-processamento) e posteriormente, após a resolução dos modelos de

optimização, apresentar graficamente (e alfanumericamente) os resultados obtidos. Apresenta-se de seguida uma explicação detalhada das funcionalidades e rotinas desenvolvidas para os modelos de geoprocessamento.

1.3.1 Fase de pré-processamento

Independentemente do problema de optimização em análise, o modelo desenvolvido carece de um conjunto de dados espaciais e atributos alfanuméricos de base para se poder executar os diferentes cenários. Para além dos parâmetros²⁹ já identificados no ponto 3.2 do capítulo anterior, os modelos precisam de ser “alimentados” com outros parâmetros essenciais, nomeadamente no caso dos **Módulos 2 e 3**. Esses parâmetros dizem respeito ao número de módulos a abrir e número de módulos a encerrar, traduzindo assim respectivamente a capacidade financeira existente aquando do processo de análise da rede e o “grau de intervenção” passível de ser aplicado, i.e., ao permitir-se a abertura de mais módulos está-se implicitamente a dizer que a verba disponível é maior e, por outro lado, o aumento do número de módulos a encerrar assegura uma maior multiplicidade de intervenções na rede em análise. Para além destes parâmetros, é necessário indicar outros dados (espaciais e alfanuméricos) essenciais para a aplicação dos modelos.

Um dos dados essenciais diz respeito à quantificação e georeferenciação da procura. A procura, que no âmbito deste trabalho são os alunos em idade de frequentar o ensino básico, divididos em dois grupos – 6 a 9 e 10 a 14 anos - e que se encontra dispersa num determinado território, terá de ser espacialmente concentrada em determinados pontos designados normalmente por centros. Estes centros poderão variar em função da escala do processo de planeamento considerada e corresponder assim a diferentes subdivisões do território em análise. Se a escala de análise for a escala urbana de uma cidade, poderão ser considerados os centros, porventura geométricos, dos bairros (ou quarteirões) que compõem essa cidade ou, no caso de não existir informação desagregada a esse nível, as subsecções estatísticas que compõem essa mesma área urbana dado que é este o menor nível de desagregação territorial para o qual o Instituto

²⁹ Designam-se por parâmetros porque, apesar de serem restrições dos modelos de optimização desenvolvidos, e portanto à partida não estariam sujeitos a parametrização, optou-se por assegurar uma maior flexibilidade do SEADPRE, permitindo ao utilizador alterar os valores pré-definidos, flexibilizando e abrindo assim a amplitude de cenários a analisar.

Nacional de Estatística (INE) disponibiliza dados dos recenseamentos da população (Censos). À medida que a escala de análise for aumentando, aumenta também o nível de agregação da informação territorial e portanto de simplificação da realidade, podendo assim serem consideradas outras formas de concentrar a procura (centros dos lugares das freguesias, sedes de freguesia, sedes de concelho, etc.). Para cada um dos centros considerados são definidos então três atributos alfanuméricos: um código identificador, o número de alunos a servir no ano horizonte de análise e o nível hierárquico do centro. Estes elementos podem ser introduzidos no modelo através de uma *shapefile* que contenha os atributos mencionados.

Outro dos elementos fundamentais é a localização da oferta (sítios). Também aqui, dependendo da escala de análise, podem ser adoptadas diversas estratégias, sendo que as mais utilizadas no processo de planeamento de redes escolares têm sido a urbana (Henig e Gerchak, 1986; Diamond e Wright, 1987; Greenleaf e Harrison, 1987; Viegas, 1987; Pizzolato e Fraga da Silva, 1997; Caro, *et al.*, 2004; Pizzolato, *et al.*, 2004; Gac, *et al.*, 2008; Müller, *et al.*, 2009) e a municipal (Belford e Ratliff, 1972; Mattsson, 1986; Tewari e Sidheswar, 1987; Teixeira, *et al.*, 2007; Teixeira e Antunes, 2008) existindo apenas uma referência relativa ao planeamento à escala regional (Antunes e Peeters, 2001a).

À escala urbana justifica-se uma georeferenciação das escolas existentes e dos sítios potenciais de instalação de novas escolas com uma precisão elevada, por exemplo considerando o centro geométrico de implantação dos edifícios escolares (ou conjunto de edifícios) e dos terrenos disponíveis para implantação de novas escolas. À medida que a escala for diminuindo, outras estratégias podem ser adoptadas (centróides das sedes de freguesia ou sedes de concelhos, etc.). Para cada sítio considerado são igualmente necessários atributos alfanuméricos nomeadamente o código identificador do sítio e a capacidade existente em número de módulos para cada nível de ensino. Também aqui os dados são introduzidos através de uma *shapefile*.

O terceiro e último elemento fundamental na fase de pré-processamento é a rede viária que permite a ligação entre todos os centros de procura e os sítios onde se localiza ou se poderá localizar a oferta. Mais uma vez a escala de análise pode obrigar a uma rede mais ou menos detalhada: à escala urbana a rede pode ser representada por uma

shapefile que contenha o conjunto de linhas que representam os eixos das vias existentes, onde se identifiquem os sentidos de circulação e as regras de viragem nas intersecções; à medida que a escala de análise for diminuindo, a modelação da realidade pode ser mais simplificada, considerando-se apenas os eixos das vias que constituem a rede viária principal, sem indicação dos sentidos e das regras de viragem. A figura 26 apresenta um excerto da fase de pré-processamento do modelo de geoprocessamento desenvolvido.

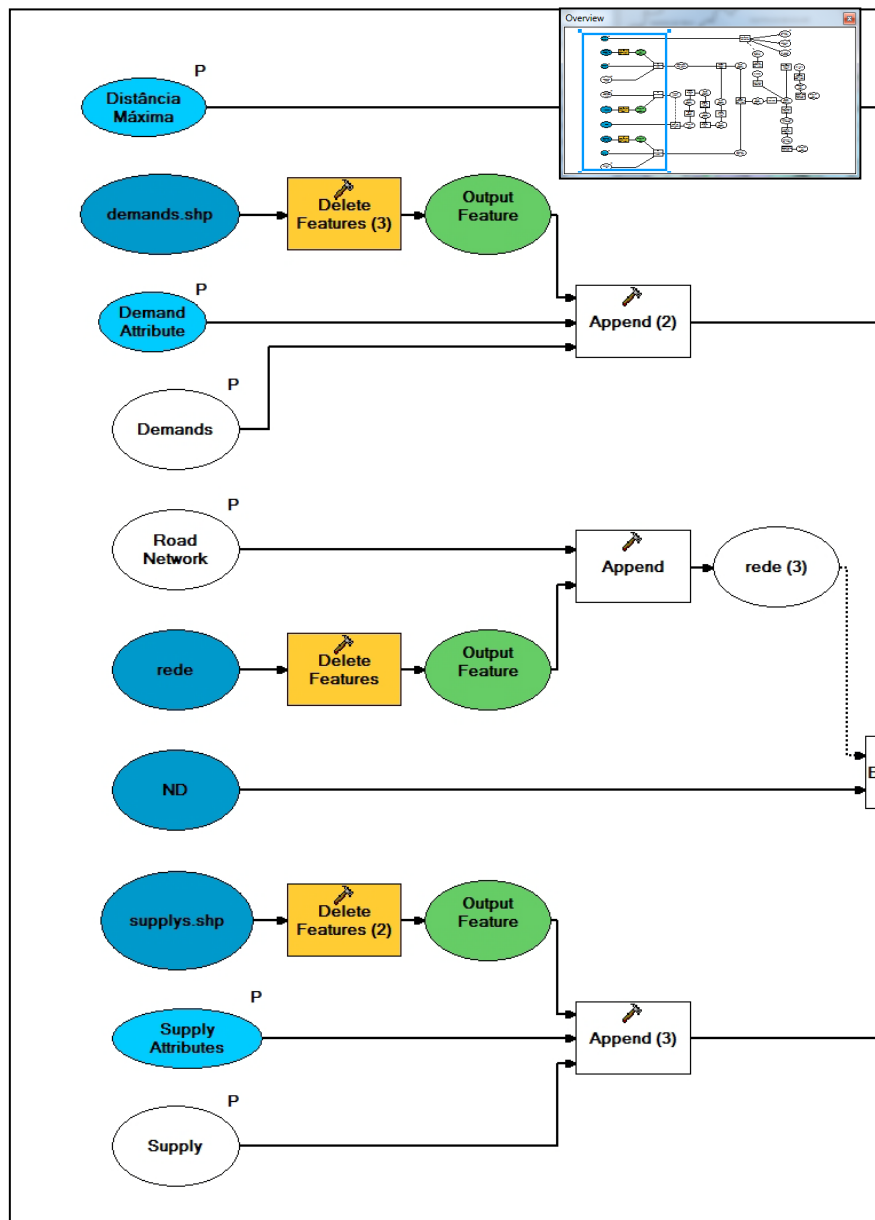


Figura 26. Fase de pré-processamento do modelo do ModelBuilder do Módulo 1

1.3.2 Fase de processamento

Com base na rede viária e nos pontos de procura e oferta é gerada uma matriz de distâncias origem-destino entre todos os pontos de procura e oferta, recorrendo às funcionalidades da extensão *Network Analyst* do ArcGIS, que calcula os caminhos óptimos (caminhos mais curtos) recorrendo ao algoritmo de Dijkstra (1959). A matriz gerada, bem como os pontos de procura e oferta (figura 30), é guardada em formato *Feature Class* numa *geodatabase* desenvolvida em *Access* que será acedida pelo modelo de optimização para resolução do problema recorrendo a linguagem *SQL*.

Os ficheiros *BIM* gerados no *Xpress-IVE*, que contêm o problema a optimizar, são integrados no modelo de geoprocessamento recorrendo a scripts desenvolvidos em *Python*, uma linguagem *Open Source* de programação integrada pela ESRI no ArcGIS e que suporta programação orientada por objectos acedendo assim programaticamente aos objectos de geoprocessamento do ArcGIS (figura 27). Após a optimização do problema através do *Xpress-Optimizer*, os resultados são guardados de forma estruturada na *geodatabase* recorrendo igualmente a linguagem *SQL*.

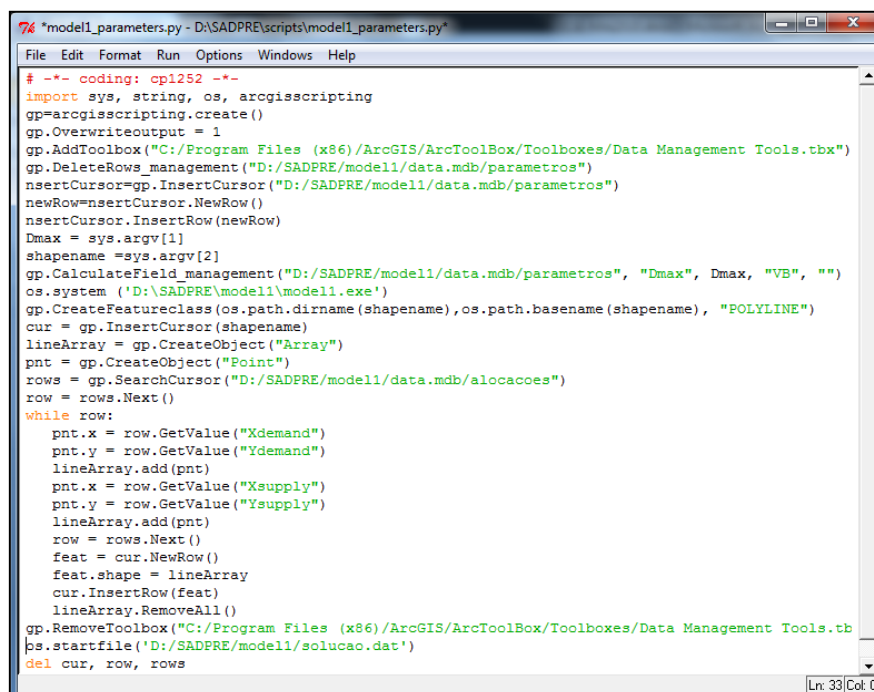


Figura 27. Script desenvolvido em *Python* integrado no modelo de geoprocessamento do módulo 1 do SEADPRE

Após a geração da solução o *script* executa um conjunto de rotinas que permitem converter os resultados alfanuméricos gerados na optimização em elementos vectoriais

apresentáveis graficamente pelo SIG, nomeadamente as linhas que representam a alocação da procura à oferta.

A figura 28 apresenta o excerto do modelo de geoprocessamento do módulo da fase de processamento.

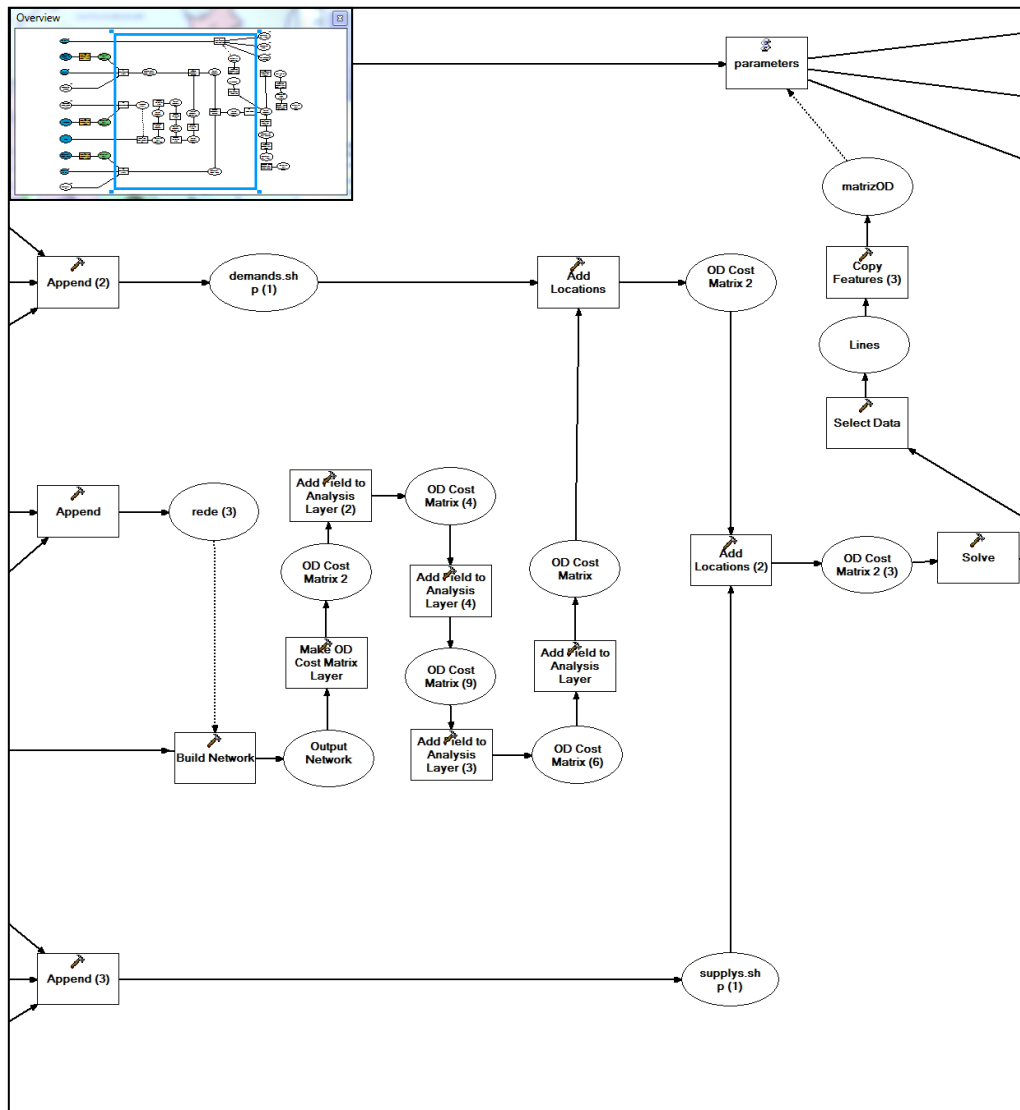


Figura 28. Fase de processamento do modelo do ModelBuilder do Módulo 1

1.3.3 Fase de pós-processamento

Após a resolução do problema de optimização os resultados são interpretados pelo modelo de geoprocessamento e convertidos em formatos vectorial para serem apresentados graficamente de um modo estruturado no SIG, permitindo uma rápida

leitura por parte do utilizador (figura 29). Esses resultados incluem, para além das alocações da procura à oferta referidas no ponto anterior, os pontos de procura e os pontos de oferta (sítios) devidamente categorizados pelo tipo de proposta resultante da optimização. Para cada sítio são ainda apresentados os dados referentes à capacidade em módulos necessários (existente e novos módulos) e o número de alunos a servir quer módulos existentes quer em módulos novos.

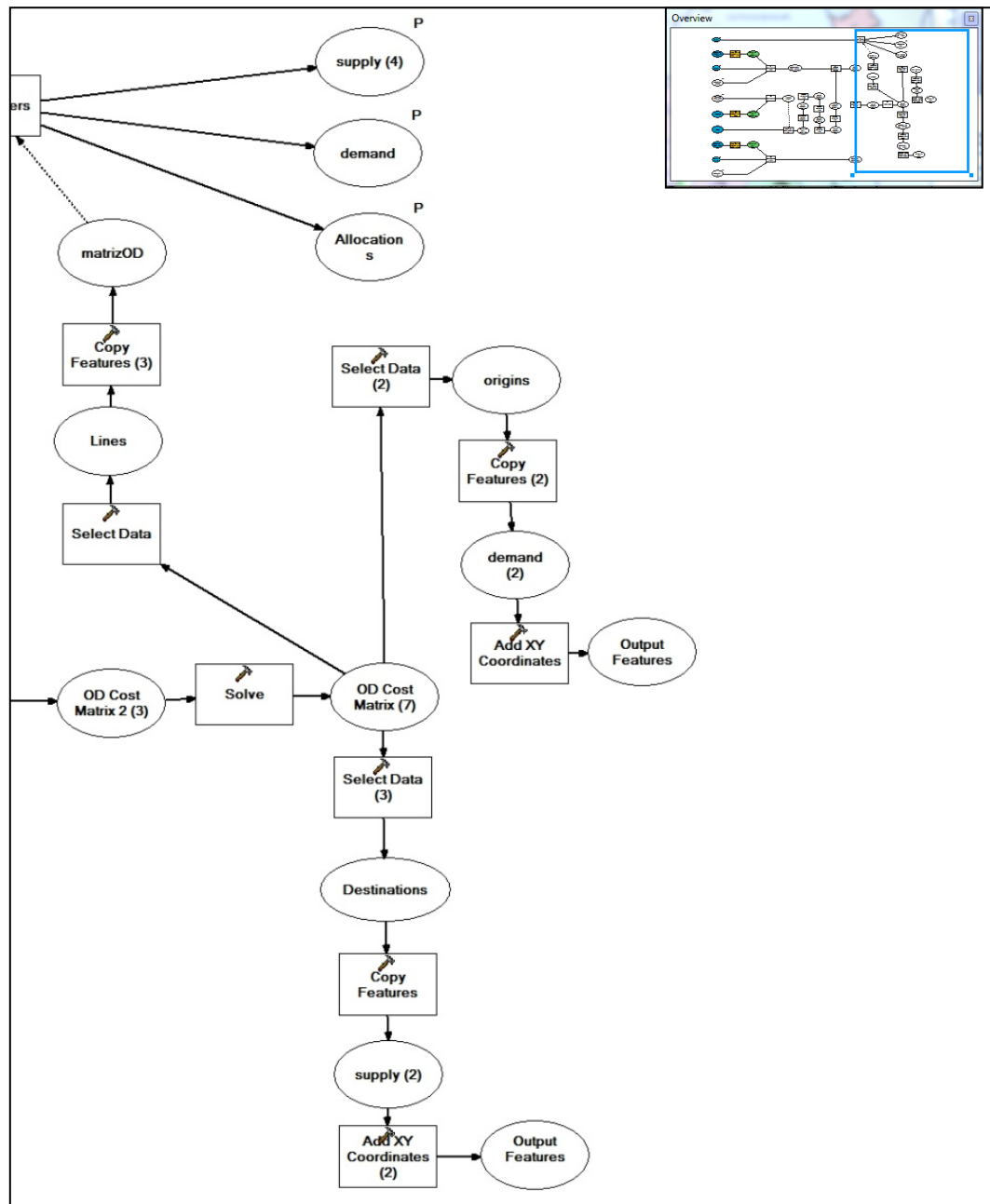


Figura 29. Fase de pós-processamento do modelo do ModelBuilder do Módulo 1

São ainda apresentados no SIG resultados globais do processo de optimização, nomeadamente:

- Os dados iniciais do cenário estudado (máximo de módulos a encerrar e a abrir);
- O valor da distância agregada total a percorrer pelos alunos de cada nível;
- O número total de alunos aos quais terá de ser assegurado transporte escolar (por estarem a mais de 4km de distância da escola de destino);
- O valor da distância agregada a percorrer pelos alunos que serão transportados;
- O número total de módulos encerrados;
- O número total de módulos a abrir.

Para além destes resultados, é igualmente apresentado um gráfico com o total de pontos de procura distribuídos por intervalos de distância pré-definidos de modo a que o utilizador possa analisar quantos locais de procura não precisam de ser alvo de transporte escolar assim como analisar o nível de equidade da solução encontrada (i.e., perceber a percentagem de freguesias que se encontram a grandes distâncias dos sítios de destino, independentemente do peso no total da procura da área analisada).

1.3.4 Interface de utilização

No sentido de tornar o SEADPRE o mais acessível e facilmente utilizável por decisores sem grande especialização em SIG, desenvolveu-se uma interface gráfica que permitisse facilmente a introdução dos dados iniciais do problema assim como a análise dos resultados gráficos e numéricos da optimização de cada de cenário (Figura 30). A interface contempla 5 áreas distintas, nomeadamente:

1. **Seleção de Módulos**, onde o utilizador poderá escolher o módulo correspondente ao tipo de problema a analisar (afecção a uma rede existente, planeamento de 1 nível ou planeamento de 2 níveis);
2. **Entrada de Dados** – menu onde o utilizador deverá indicar os dados espaciais, atributos e parâmetros necessários para a execução do módulo

previamente seleccionado. O desenvolvimento dos modelos de geoprocessamento no *ModelBuilder* permitiu que estes fossem facilmente convertidos em *Toolboxes* integradas no *ArcMap*, constituindo assim interfaces bastante intuitivas. A figura 31 apresenta os menus de entrada de dados desenvolvidos para cada um dos três módulos do SEADPRE.

3. **Menus de Ajuda** – para o auxílio na introdução de dados, foram desenvolvidos menus de ajuda com informações sobre o tipo de dados que deverão ser introduzidos em cada campo dos menus;
4. **Apresentação Gráfica de Resultados** – Nesta área são apresentados os mapas com os resultados do problema de planeamento considerado. O utilizador poderá identificar todos os pontos de procura e respectivas alocações, todos os sítios representados pelas diferentes intervenções consideradas (aberturas, encerramentos, ampliações, reduções e manutenções);
5. **Legenda** – Todos os elementos constantes no mapa de resultados encontram-se identificados na legenda que permite uma leitura rápida dos resultados gráficos;
6. **Resultados** – Nesta área são apresentados os resultados globais do problema considerado referidos no ponto 1.3.3.

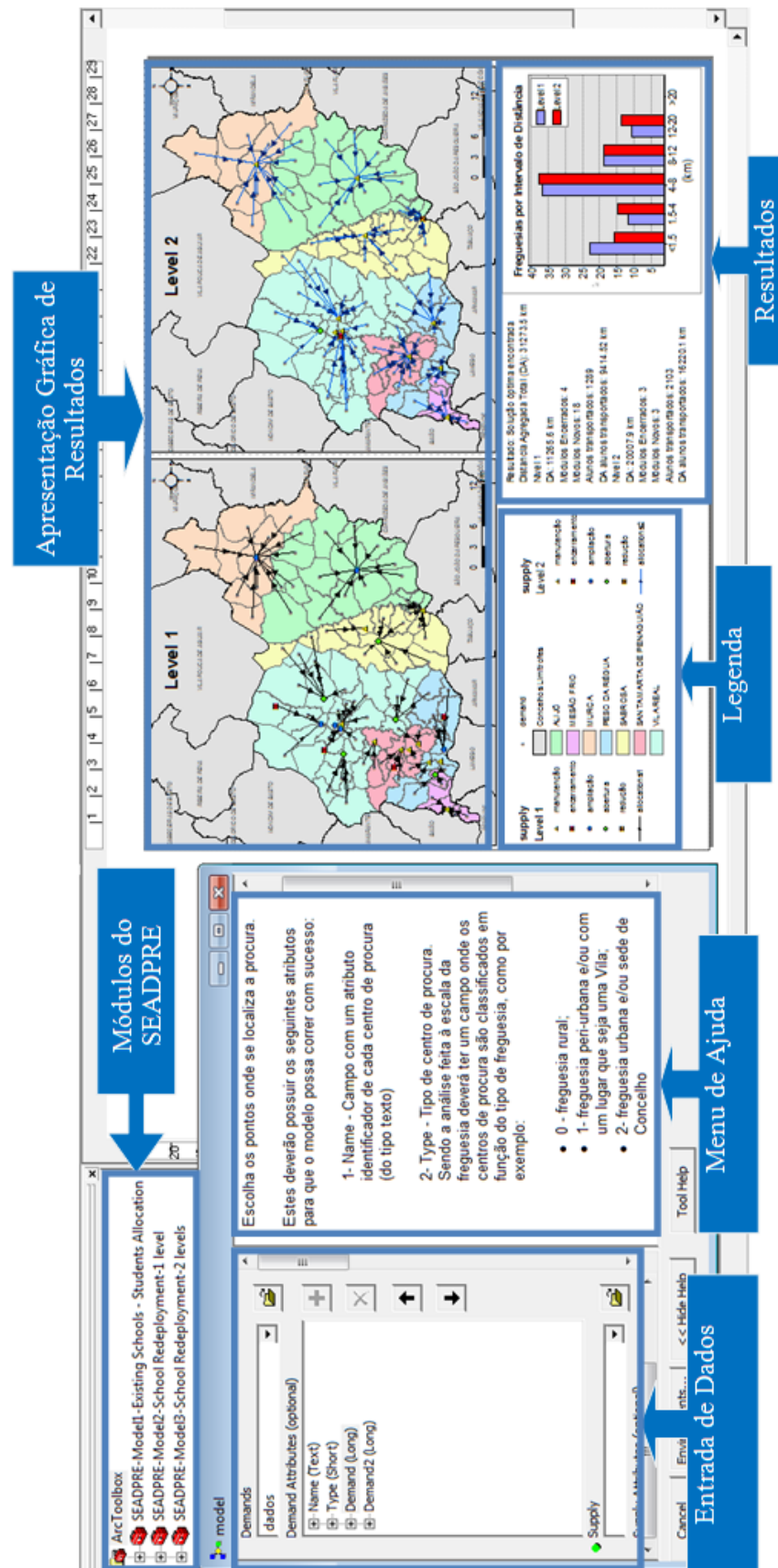


Figura 30. Exemplo de interface gráfica do SEADPRE (Módulo 3)

Módulo 1

Demand Attributes

Name (Text)
Type (Short)
Demand (Long)

Supply Attributes

Name (Text)
Type (Short)
Supply (Long)

Road Network

Distância Máxima Casa-Escola (metros)
20000

OK Cancel Environments... Show Help >>

Módulo 2

Demand Attributes

Name (Text)
Type (Short)
Demand (Long)

Supply Attributes

Name (Text)
Type (Short)
Supply (Long)

Road Network

Distância Máxima Casa-Escola
20000

Limit Maximum of new modules to install
1

OK Cancel Environments... Show Help >

Módulo 3

Demand Attributes

Name (Text)
Type (Short)
Demand (Long)

Supply Attributes

Name (Text)
Type (Short)
Supply (Long)

Road Network

Limit Maximum of new modules to install-EB1
1

Limit Maximum of modules to enclose-EB1
2

OK Cancel Environments... Show Help >

Figura 31. Menus de introdução de dados dos módulos 1, 2 e 3 do SEADPRE

De modo a permitir uma análise comparativa dos resultados de cada cenário considerado, o SEADPRE, compila ainda num ficheiro de *Excel*, os parâmetros e resultados obtidos na execução de cada cenário.

Definidas e apresentadas as componentes do SEADPRE, nomeadamente os modelos de planeamento e as interfaces de introdução de dados e análise de resultados procede-se no capítulo seguinte à aplicação do sistema de apoio à decisão a uma área de estudo. Procurando responder às questões formuladas no Capítulo III no ponto 2.4, relativas às eventuais vantagens de planeamento de redes escolares à escala supra-municipal, o território escolhido foi o da Associação de Municípios do Vale do Douro Norte.

A escolha deste território como área de estudo justifica-se pelas seguintes razões: (i) é um território cuja dinâmica demográfica global é marcadamente regressiva e fortemente polarizado pela sua principal cidade – Vila Real – que constitui o único pólo em todo o território a apresentar dinâmicas fortes de crescimento demográfico e urbano nas últimas décadas. (ii) possui uma orografia acentuada que condiciona fortemente a configuração das redes viárias levando a que as distâncias/tempos entre os aglomerados mais extremos dos municípios sejam elevadas, acarretando assim problemas de acessibilidade dos alunos às escolas. (iii) é um território que sofreu um significativo reajustamento da sua rede escolar do ensino básico, com o encerramento de muitas escolas de pequena dimensão, constituindo por isso um bom exemplo de aplicação para avaliar as eventuais vantagens de uma organização intermunicipal da rede escolar.

CAPÍTULO VI.

APLICAÇÃO DO SEADPRE AO PLANEAMENTO INTERMUNICIPAL DE UMA REDE ESCOLAR

1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Agrupamento de Municípios do Vale do Douro Norte (AMVDN) situa-se no interior da NUT II do Norte de Portugal, na região de Trás-os-Montes e Alto Douro (TMAD) e é constituído por 6 municípios pertencentes às NUT III Douro e 1 pertencente à NUT III Alto Trás-os-Montes. A NUT II Norte localiza-se no extremo Sul da Periferia Atlântica da União Europeia, que integra a grande região europeia designada Arco Atlântico, tratando-se de um eixo periférico no quadro da União Europeia (Figura 32).

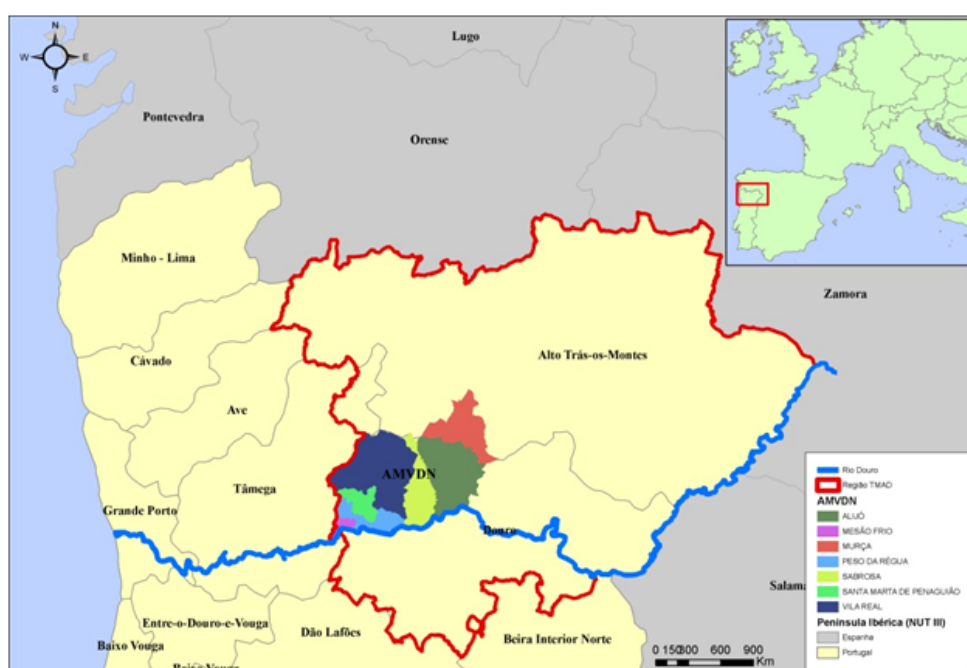


Figura 32. Enquadramento geográfico da AMVDN

Ocupando uma área de cerca de 121.36ha, o território representa cerca de 15% do território da região de TMAD e desagrega-se administrativamente em 102 freguesias (Tabela 3) cujas dimensões variam entre 44ha e os 4010ha.

Tabela 3. Distribuição das freguesias da AMVDN pelos municípios

Município	Nº de freguesias	Área Total	
		Ha	%
Alijó	19	29761.93	24.52
Mesão Frio	7	2665.6	2.20
Murça	9	18938.46	15.61
Peso da Régua	12	9486.96	7.82
Sabrosa	15	15693.72	12.93
Santa Marta de Penaguião	10	6930.88	5.71
Vila Real	30	37882.00	31.21
Total	102	121.359,55	100

Trata-se de um território com uma orografia bastante irregular, com uma amplitude altimétrica acentuada, variando entre os 50 metros na zona do Rio Douro em Mesão Frio e os 1400 metros na Serra do Marão no extremo oeste de Vila Real (Figura 33).

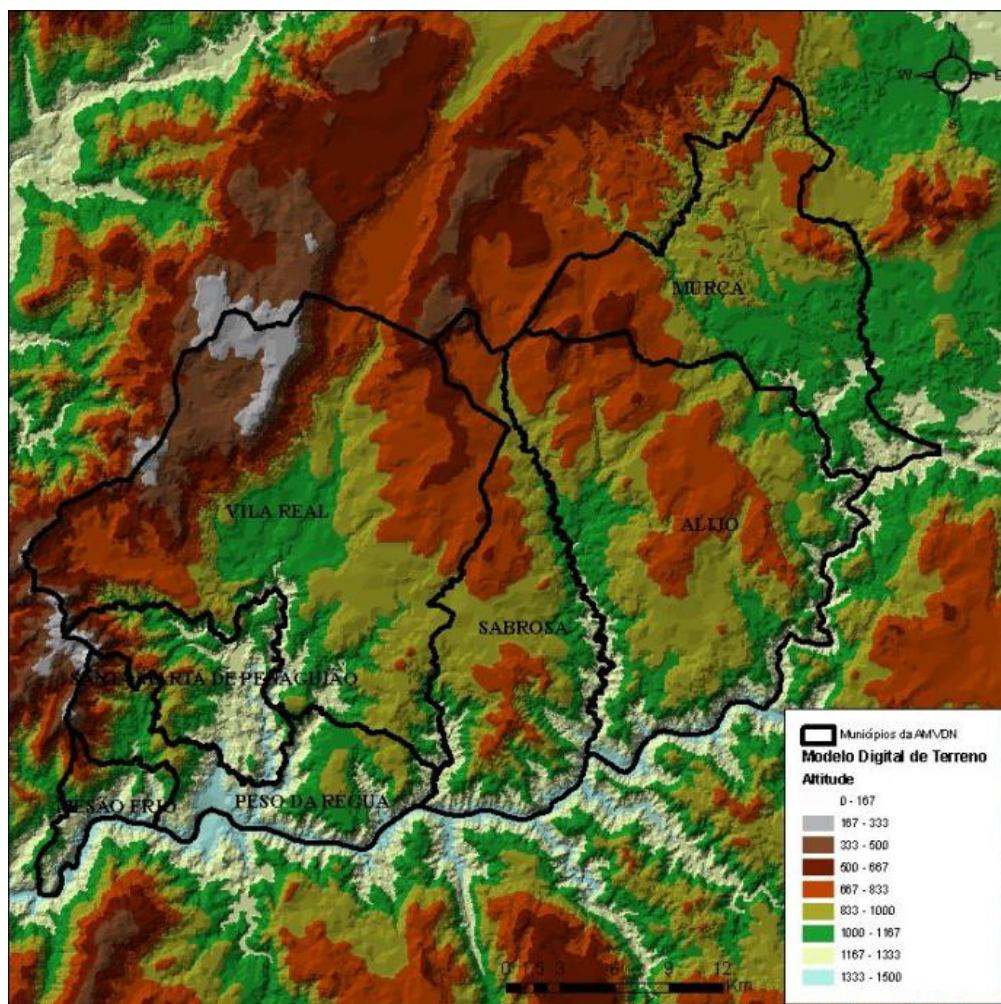


Figura 33. Modelo altimétrico da AMVDN

2. CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA E ANÁLISE DO POVOAMENTO

O Agrupamento de Municípios do Vale do Douro Norte possuía, segundo dados dos censos 2001, 110.388 habitantes representando cerca de 24% da população da região de TMAD. O gráfico 13 apresenta a evolução da população residente no agrupamento durante o século XX. Após um decréscimo inicial motivado sobretudo pelos efeitos da 1ª Grande Guerra Mundial, o território registou um aumento significativo até meados do século XX, altura em que, após a 2ª Grande Guerra

Mundial, iniciou-se um processo de recessão demográfica acentuado, fruto de uma intensa emigração das populações para outros países na Europa e de uma acentuada quebra da natalidade. Mais recentemente (1981-2001) o fenómeno da emigração internacional abrandou e o destino dos fluxos emigratórios alterou-se passando agora a principal destino o litoral do país (fenómeno vulgarmente designado de litoralização) complementado com uma migração para o principal centro urbano da região, Vila Real.

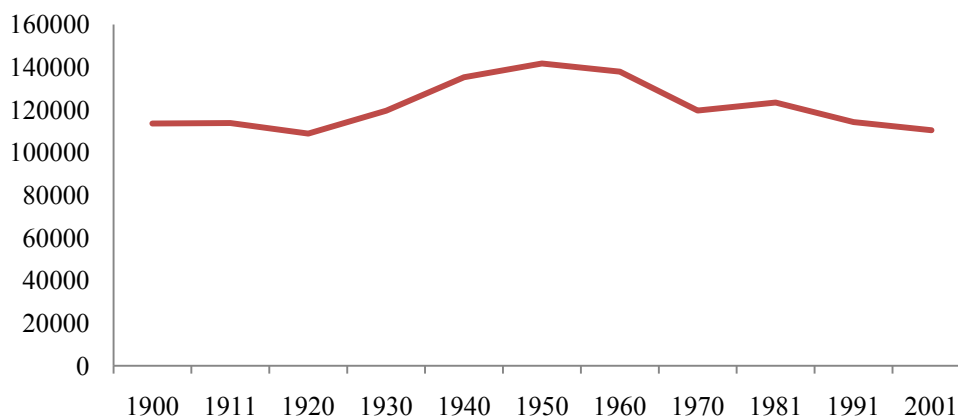


Gráfico 15 - Evolução da população residente no AMVDN

A análise da figura 34 permite confirmar claramente esse efeito de polarização da cidade de Vila Real: os territórios mais rurais do agrupamento registaram uma forte diminuição nas duas últimas décadas intercensitárias com muitas das freguesias periféricas a perderem mais de 20% da população residente, chegando mesmo a atingir valores superiores a 40% como é o caso das freguesias de Amieiro no município de Alijó, Lâmas de Ôlo e Vila Cova no município de Vila Real e Covelinhas no município de Peso da Régua. Por outro lado, registou-se um aumento significativo da população residente na maioria das freguesias que constituem as sedes de concelho do agrupamento e sobretudo nas freguesias periurbanas da cidade de Vila Real tendo-se registado nestas últimas as maiores taxas de crescimento da população residente atingindo em alguns casos valores superiores a 80% (Lordelo e Nossa Senhora da Conceição).

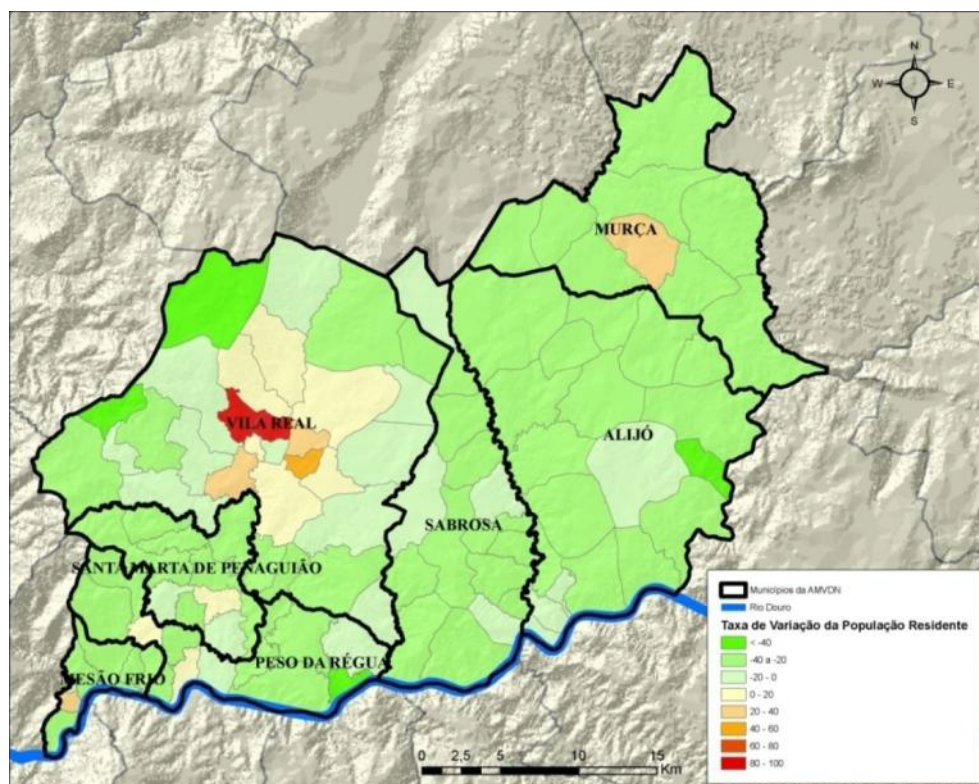


Figura 34. Taxa de variação da população residente no AMVDN entre 1981 e 2001

Na AMVDN existiam em 2001, 547 lugares censitários dos quais apenas 4 possuíam uma população residente superior a 2.000 habitantes representando 26,7% da população total do agrupamento (Gráfico 16). Com um povoamento claramente disperso, dominam os aglomerados de pequena dimensão nos quais residem 75.845 habitantes (68,7%), havendo mesmo cerca de 5.000 pessoas que residem em lugares considerados isolados.

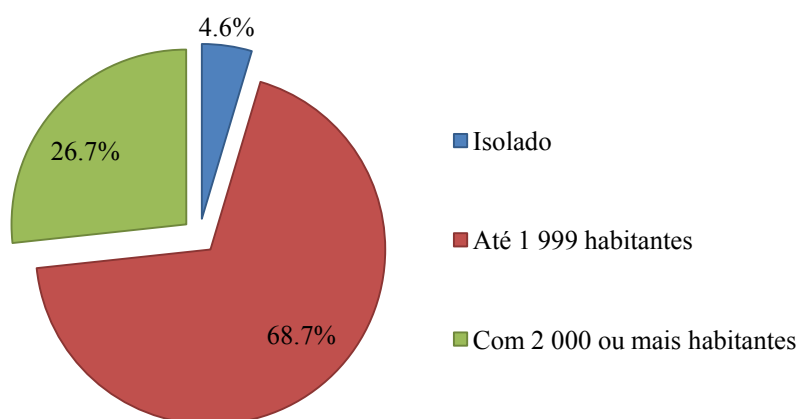


Gráfico 16 – População residente no AMVDN segundo a dimensão dos lugares

As cidades de Vila Real e Peso da Régua constituem os principais pólos urbanos do agrupamento concentrando-se nas suas áreas urbanas mais de 40% da população total do agrupamento, com principal destaque para a capital de distrito (cerca de 37.000 habitantes no seu perímetro urbano). Analisando a densidade populacional por freguesia em 2001 (Figura 35), essa tendência de concentração é notória, evidenciando-se igualmente um aumento do despovoamento à medida que caminhamos para territórios mais localizados no interior.

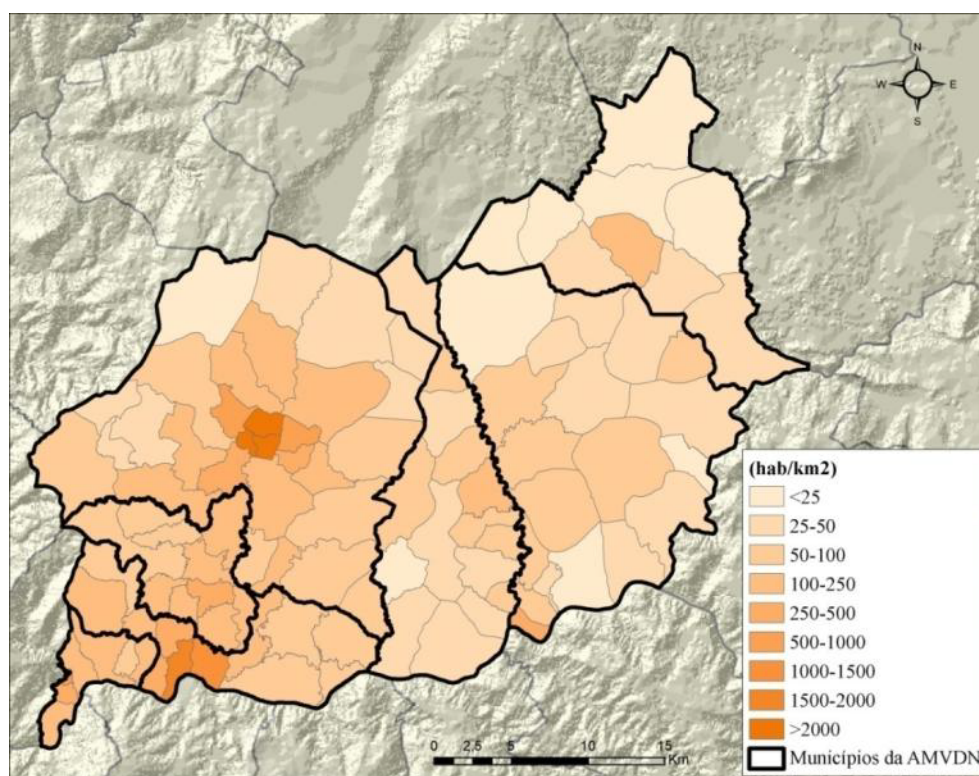


Figura 35. Densidade populacional por freguesia na AMVDN (2001)

3. EVOLUÇÃO DA REDE ESCOLAR

O esvaziamento demográfico ocorrido nas últimas décadas no AMVDN originou logicamente uma inversão da estrutura etária deste território. As pirâmides etárias de 1981 e 2001 demonstram claramente essa alteração estrutural com os grupos etários mais jovens (0 a 14 anos) a registarem uma diminuição do seu peso de cerca de 50%, representando em 2001 apenas 15,8% do total da população contra os 28,8% registados 20 anos antes (Gráfico 17).

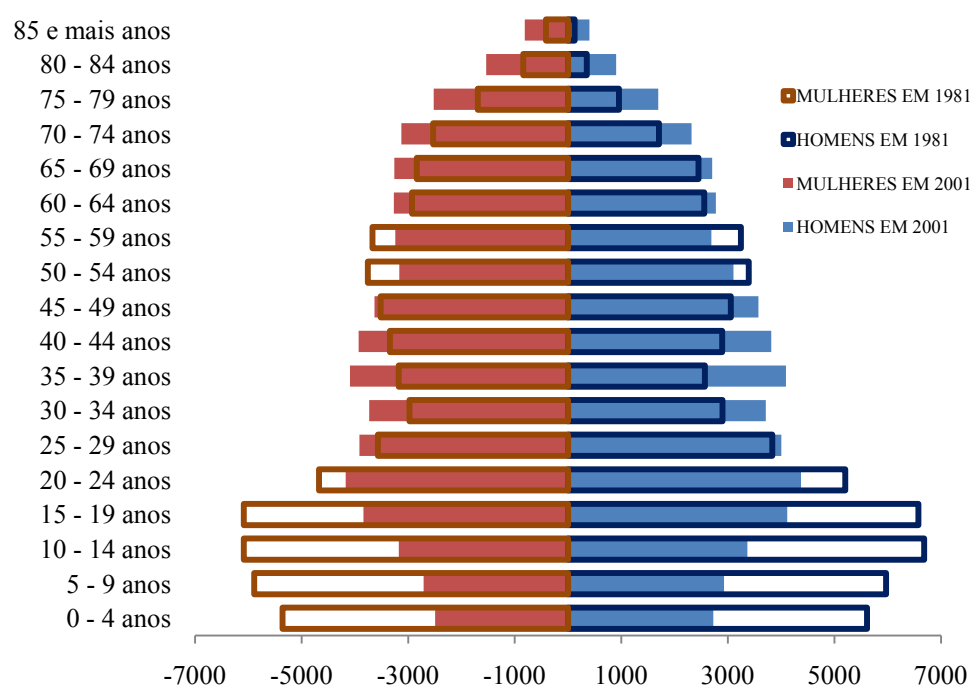


Gráfico 17. Pirâmides etárias da AMVDN (1981 e 2001)

A diminuição acentuada da taxa de natalidade teve obviamente fortes consequências na evolução da procura do ensino. Como se pode ver no gráfico 18, o número de nados-vivos diminuiu, em termos globais, 29,3% nos últimos 10 anos (1997-2007) o que originou uma forte quebra na procura de ensino.

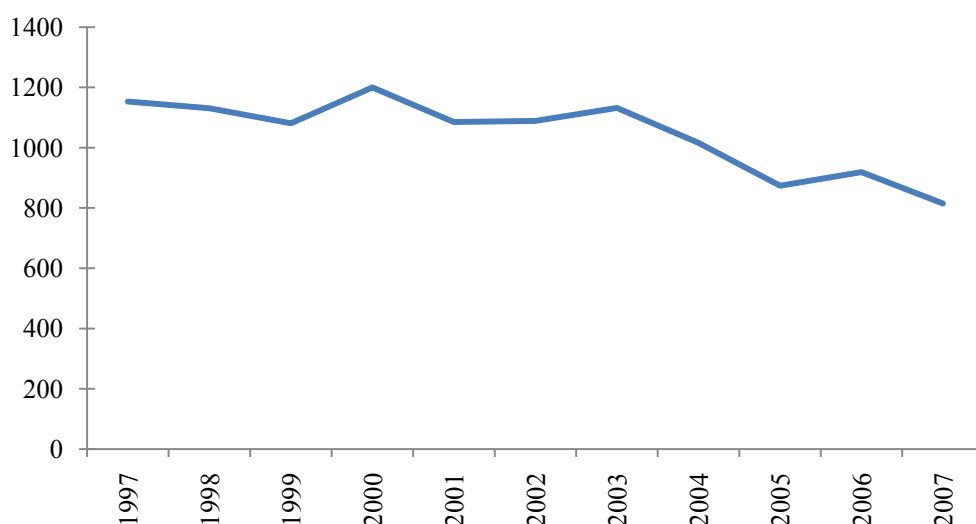


Gráfico 18. Evolução dos nados-vivos no AMVDN

O número de alunos a frequentarem o sistema de ensino básico público em 2007/2008 era de 12.755 um valor 11,9% inferior ao registado no ano lectivo de

1999/2000 (Gráfico 19). A maior diminuição, quer em termos absolutos quer em termos relativos, registou-se no 1º ciclo do ensino básico (-20,1%) pese embora a dimensão da diminuição no 2º ciclo fosse também significativa (-17,5%).

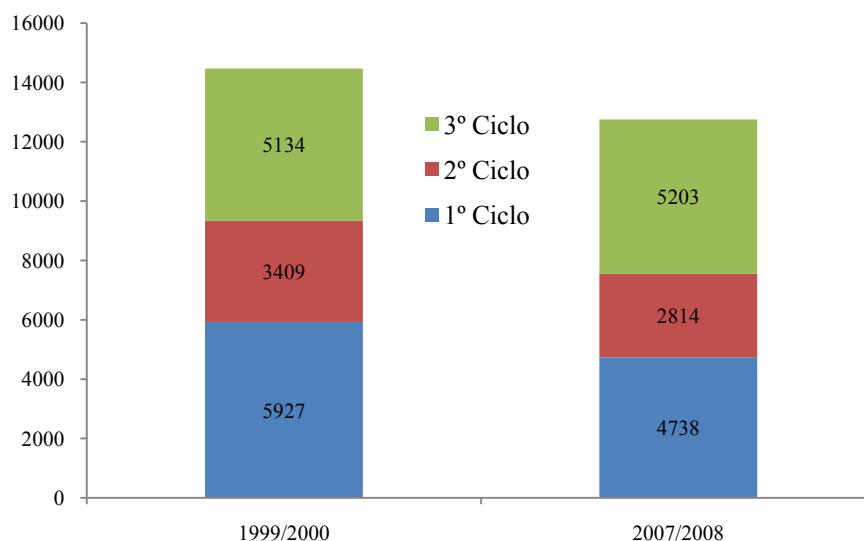


Gráfico 19. Evolução do nº de alunos do ensino básico no AMVDN

Ao nível das taxas de ocupação a rede escolar básica encontrava-se também bastante sobredimensionada, com mais de metade das escolas a apresentarem uma taxa inferior a 50% (Gráfico 20) no ano lectivo de 2007/2008. Apesar do forte sobredimensionamento global da rede, analisando a taxa de ocupação por escola é perceptível uma dicotomia entre as áreas rurais e as áreas urbanas do AMVDN.

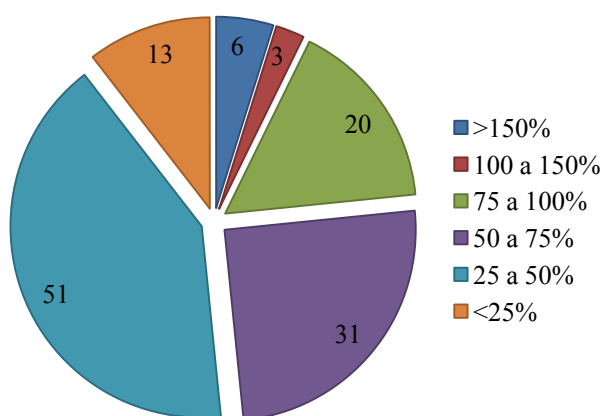


Gráfico 20. Taxa de ocupação do parque escolar do 1º CEB (2007/2008)

Fonte: Cartas Educativas da AMVDN

As escolas localizadas nos principais aglomerados urbanos do agrupamento (sedes de concelho e restantes vilas) eram as únicas que apresentavam taxas de ocupação

superiores a 75% com particular destaque para as localizadas nas áreas urbanas de Vila Real e Peso da Régua, as 2 cidades do agrupamento, onde as taxas atingiam mesmo valores superiores a 150%. Por outro lado a maioria das escolas dos aglomerados rurais mais periféricos apresentavam taxas de ocupação muito baixas com 19 escolas a registarem valores inferiores a 30% (Figura 36).

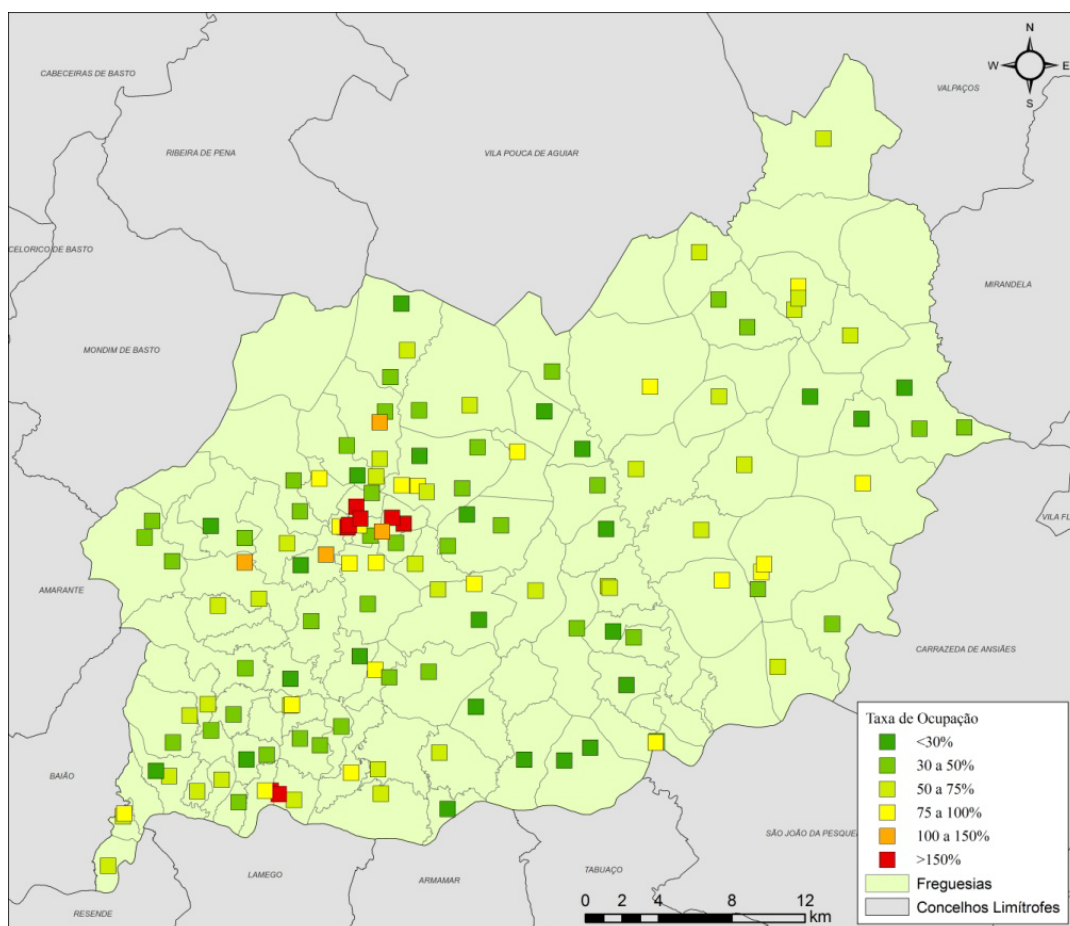


Figura 36. Escolas do ensino básico segundo a taxa de ocupação em 2007/2008
 Fonte: Cartas Educativas da AMVDN

4. O PROCESSO DE REORDENAMENTO DA REDE ESCOLAR DA AMVDN

Os municípios do Agrupamento de Municípios do Vale do Douro Norte (AMVDN) iniciaram nos últimos anos os respectivos processos de elaboração das suas Cartas Educativas, um imperativo legal decorrente da publicação pelo Governo do decreto-lei nº7/2003 de 15 de Janeiro. Segundo o mesmo decreto-lei “A carta educativa é o instrumento de planeamento e ordenamento de equipamentos educativos do município, tendo em conta as ofertas de educação e formação que seja necessário

satisfazer, tendo em vista a melhor utilização dos recursos educativos...” e deve integrar o Plano Director Municipal (PDM) do município possuindo, à semelhança deste último, um período de vigência de 10 anos. Os vários municípios viram as suas cartas educativas serem homologadas pelo Ministério da Educação entre 2006 e 2007 (Tabela 4) estando já perfeitamente definidas as linhas programáticas bem como o plano de reordenamento do parque escolar para todo o território do AMVDN para os próximos 10 anos, o qual se encontra já em execução, não estando contudo completo.

Tabela 4. Ano de homologação das cartas educativas do AMVDN

Município	Ano de Homologação
Santa Marta de Penaguião	2006
Mesão Frio	
Murça	2007
Alijó	
Peso da Régua	
Sabrosa	
Vila Real	

Apresenta-se de seguida um resumo das principais propostas preconizadas pelos sete municípios do agrupamento para as respectivas redes do ensino básico. O objectivo é perceber quais as diferentes propostas apresentadas pelas várias autarquias para fazer face a uma problemática que, na maioria dos casos, é comum a todos. A análise foi efectuada com base na consulta dos documentos publicados pelas respectivas câmaras municipais (Mesão Frio, 2006; Murça, 2006; Peso da Régua, 2006a; 2006b; 2006c; Santa Marta de Penaguião, 2006; Alijó, 2007; Sabrosa, 2007; Vila Real, 2007b; 2007a)

As propostas apresentadas pelos vários municípios são bastante díspares no seu conteúdo, sobretudo no que diz respeito à estratégia prosseguida para o reordenamento da rede do 1º CEB, variando em função de uma análise individualizada das realidades de cada território *per si*. Os municípios de Murça, Mesão Frio e Sabrosa e Peso da Régua, definiram propostas de concentração total da oferta do 1º CEB na sede do município, enquanto os municípios de Santa Marta de Penaguião e Alijó optaram uma concentração mais moderada dos alunos do 1º CEB através da definição de uma rede de pólos escolares distribuídos pelos seus principais aglomerados urbanos. No caso do município de Vila Real, a rede proposta aponta igualmente para uma concentração da oferta na cidade e respectivas freguesias periurbanas mas complementada com 3 pólos

localizados em freguesias rurais de modo a reduzir o impacto em termos de transporte escolar.

Já ao nível do 2º e 3º ciclo do ensino básico as propostas de reordenamento evidenciam estratégias de concentração na sede dos municípios da quase totalidade dos municípios, com excepção do município de Vila Real que apresenta uma proposta de criação de 2 Escolas Básicas Integradas nas áreas envolventes à cidade.

Os mapas seguintes apresentam a evolução das escolas do ensino básico existentes na AMVDN. Após a implementação do que pode ser considerado como a primeira fase de reordenamento das cartas educativas, o parque escolar sofreu uma redução significativa do número de escolas: das 189 escolas existentes em 2006/2007 reduziu-se para as actuais 75 escolas³⁰ (Figura 37). O parque escolar do 1º CEB é o mais representativo, constituindo mais de 88% do total de equipamentos escolares públicos do ensino básico.

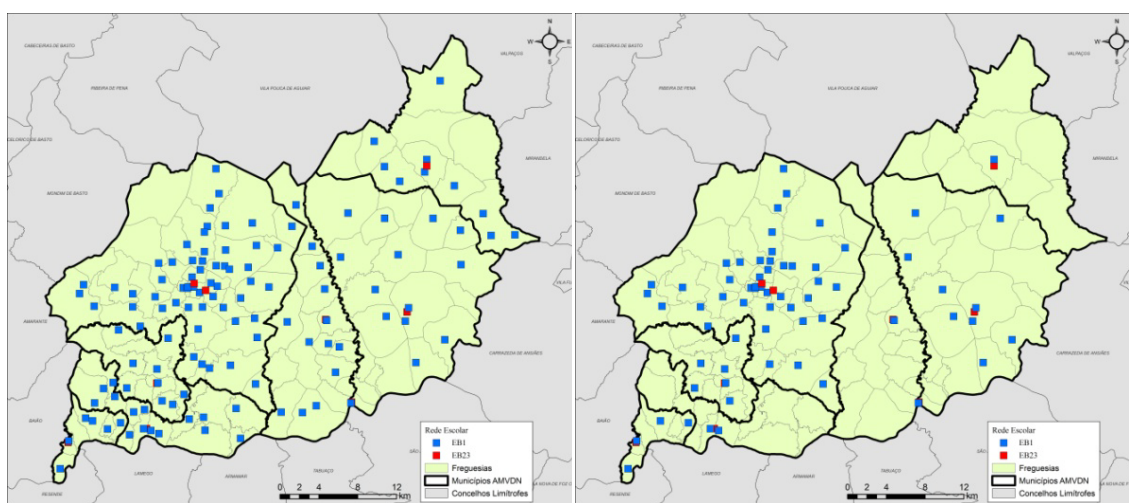


Figura 37. Rede Escolar do ensino básico em 2006/2007 e 2010/2011

A dispersão territorial que se registava em 2006 praticamente desapareceu, com excepção do município de Vila Real onde o reordenamento da rede ainda se encontra mais atrasado. As propostas finais de reordenamento das cartas educativas prevêem ainda mais encerramentos e concentração de alunos em novos centros escolares levando a que esta dispersão seja ainda menor. Da configuração final da rede proposta para 2014 apresentada na figura 38 é possível perceber as estratégias referidas anteriormente,

³⁰ Para efeito deste trabalho considerou-se que as escolas do 1º CEB do município de Murça estariam já encerradas e que o centro escolar estaria já em funcionamento.

nomeadamente a concentração nas sedes de concelho da oferta dos 3 ciclos de ensino básico, com excepção dos municípios de Santa Marta de Penaguião e Alijó onde a rede do 1º ciclo é mais disseminada.

Importa no entanto referir que no município de Alijó algumas das escolas do 1º CEB previstas nas respectivas cartas educativas não cumprem os requisitos mínimos em termos do número de salas uma vez que não possuem 4 salas de aula. A não consideração destas escolas na rede levaria a que mesmo neste município a oferta escolar ficasse praticamente concentrada na sede do município (Figura 39).

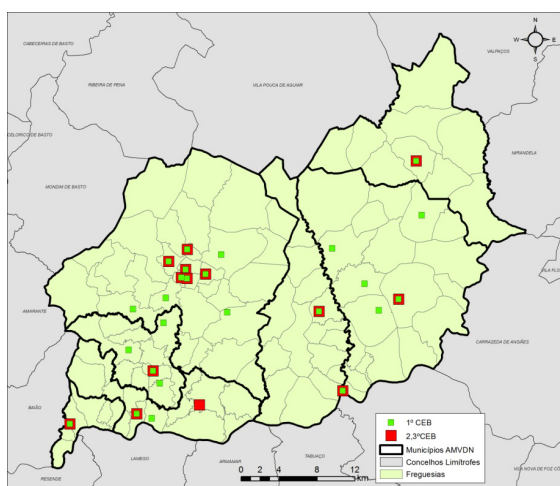


Figura 38. Rede escolar do ensino básico prevista para 2014.

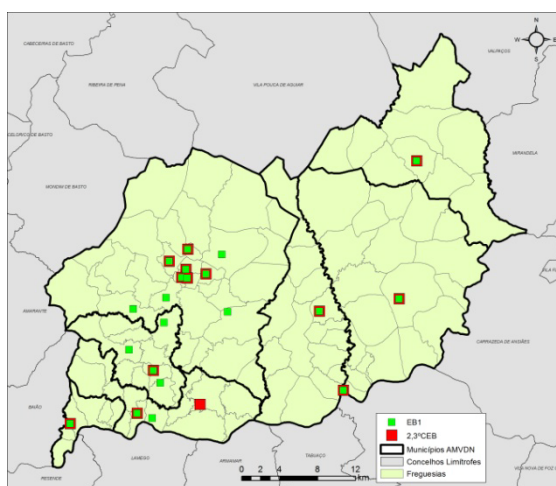


Figura 39. Rede escolar do ensino básico prevista para 2014 que cumpre as dimensões mínimas regulamentares

As análises a efectuar considerarão a rede de oferta escolar em dois momentos temporais – rede escolar em 2010 e rede escolar prevista para 2014 – e em múltiplos cenários distintos – considerando apenas escolas com o mínimo de salas estipulado nas normas e não considerando a capacidade do 2º e 3º CEB instalada no ensino secundário. Estes cenários serão desenvolvidos no próximo ponto.

5. APLICAÇÃO DO SEADPRE

5.1. Preparação dos dados (pré-processamento)

A área de estudo compreende o agrupamento de municípios do Vale do Douro Norte, composto por 7 municípios, desagregados administrativamente em 102 freguesias. A escala de trabalho será portanto de âmbito regional e a aglomeração da

procura será à escala da freguesia, ou seja, os alunos residentes nas várias freguesias que compõem o território do AMVDN serão considerados localizados nos centróides dessas mesmas freguesias. Para efeitos deste trabalho os centróides das freguesias foram localizados no “centro urbano” do principal aglomerado de cada uma das freguesias, recorrendo-se para tal à cartografia vectorial, à escala 1:10.000 disponibilizada pela associação de municípios do Vale do Douro Norte (Figura 40).

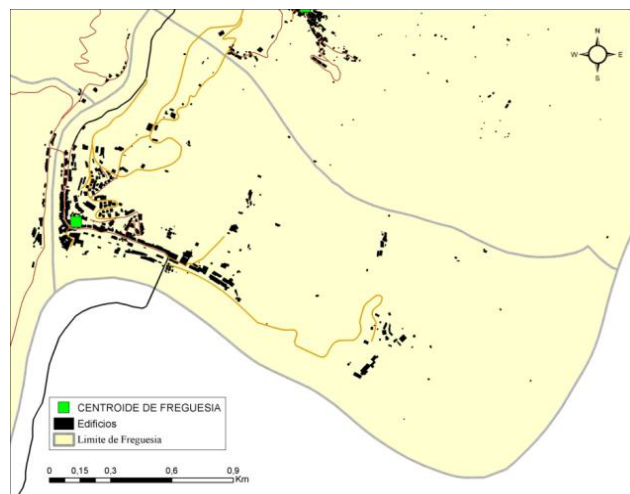


Figura 40 - Exemplo da georeferenciação dos centróides das freguesias do AMVDN (Pinhão)

O mapa seguinte apresenta o conjunto de centros de freguesia resultantes deste processo de simplificação definidos para o AMVDN (Figura 41).

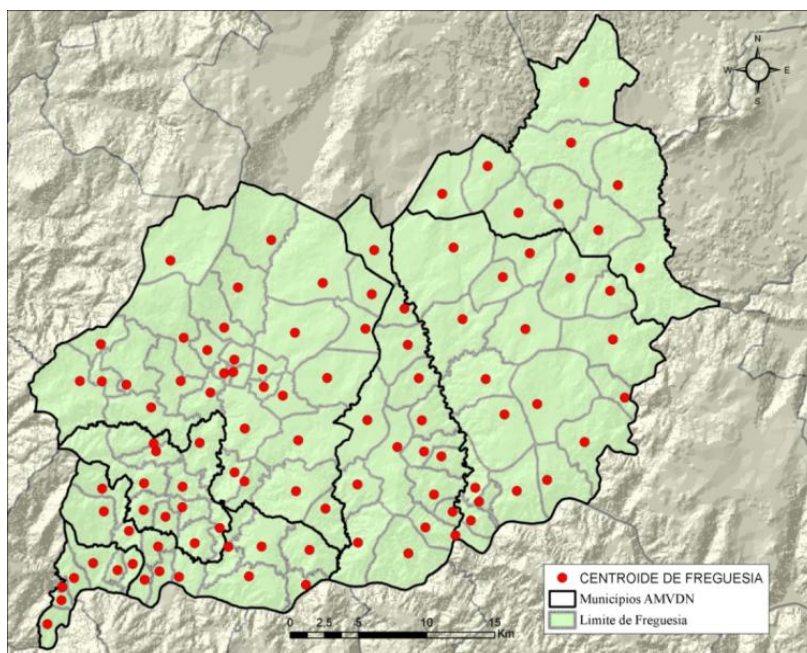


Figura 41. Centróides das freguesias da AMVDN

Outro dos elementos fundamentais é a georeferenciação do parque escolar existente – a oferta –. A sua georeferenciação foi feita também com base na cartografia vectorial anteriormente referida. Cada equipamento encontra-se representado pelo centro geométrico do seu edifício ou, no caso de ser constituído por vários edifícios, pelo centro geométrico do conjunto de edifício que compõem a escola (Figura 42).

Após a georeferenciação e selecção das escolas, procede-se à definição dos sítios de oferta. Para esse efeito, e à escala de análise do trabalho, os sítios são considerados coincidentes com os centros de procura. Deste modo, a capacidade das escolas existentes no agrupamento deverá ser agregada aos centróides das freguesias às quais essas escolas pertencem.

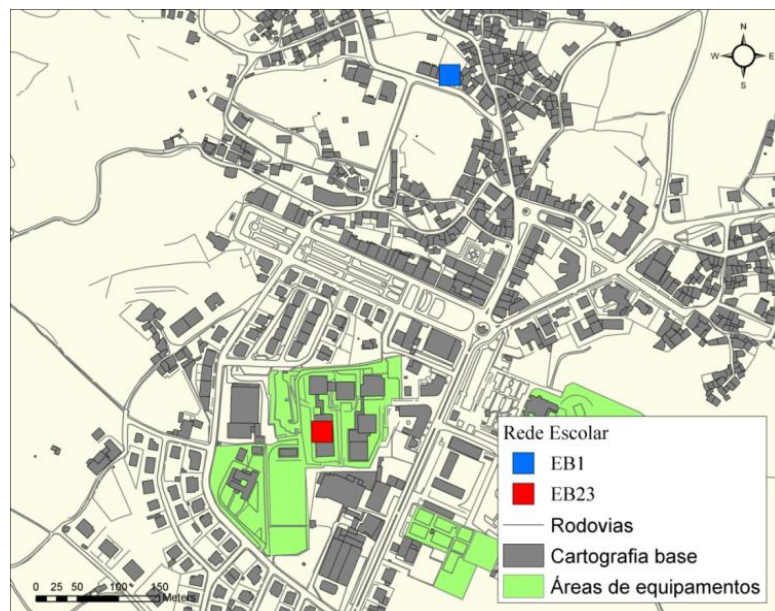


Figura 42. Exemplo de georeferenciação das escolas da AMVDN

Para este efeito recorreu-se novamente à cartografia vectorial de onde foram seleccionados os eixos das vias rodoviárias presentes no agrupamento de municípios integrando as seguintes categorias:

- Itinerários principais e Auto-Estradas (IP4 e A24);
- Estradas Nacionais e Regionais definidas no PRN2000;
- Estradas Municipais previstas no PRN2000;
- Restantes Estradas e Caminhos Municipais e Arruamentos.

A rede apresentada na figura 43 foi alvo de um processo de tratamento topológico de modo a assegurar que apenas os cruzamentos de nível efectivamente existentes fossem considerados, desprezando os cruzamentos desnivelados.

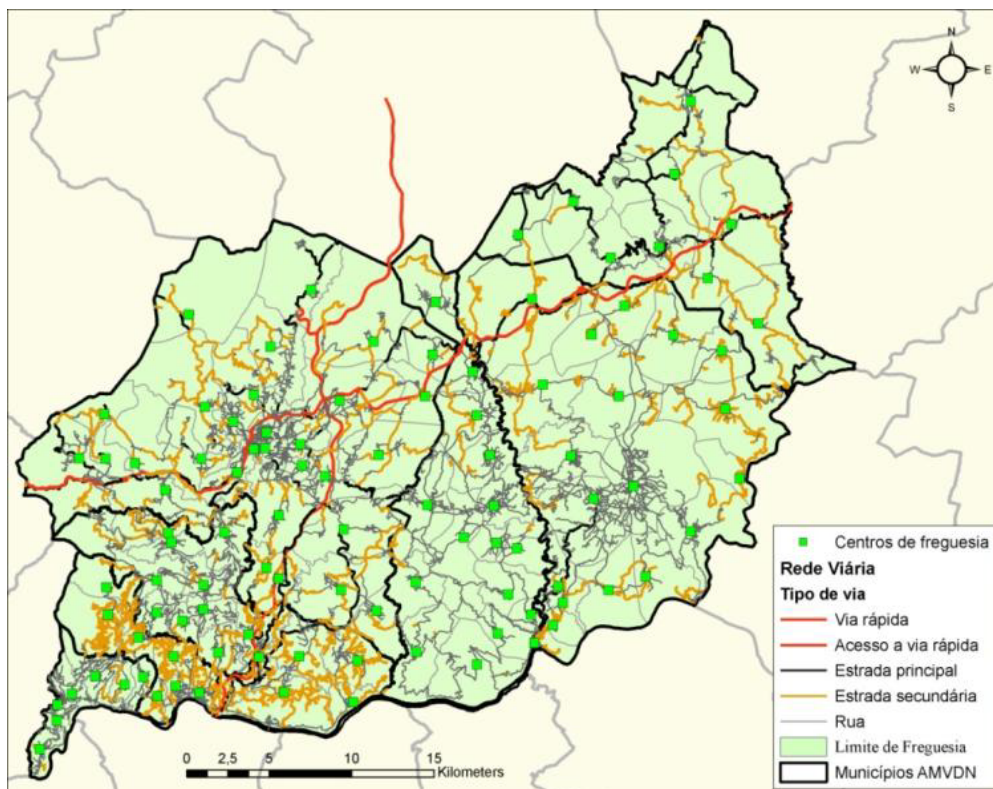


Figura 43. Rede viária do AMVDN

5.2. Aplicação do Módulo 1 do SEADPRE

No primeiro cenário equacionou-se a hipótese de planeamento da rede escolar numa lógica intermunicipal, ou seja, foram consideradas as capacidades previstas no ano horizonte das diversas cartas educativas da AMVDN e procurou-se alocar a procura existente nas freguesias às escolas independentemente do município a que estas pertençam. O objectivo é tentar perceber quais os ganhos em termos de acessibilidade (distância agregada) que uma lógica intermunicipal pode eventualmente garantir face ao tradicional planeamento municipal da rede escolar. A análise foi efectuada separadamente para as redes do 1º CEB (cenário 1) e 2 e 3º CEB (cenário 2). Foi igualmente analisado um segundo cenário intermunicipal para cada uma das redes do ensino básico previstas para 2014 considerando:

- Cenário 1A – no 1º CEB apenas a rede escolar que cumpre os requisitos mínimos em termos de salas de aula. Assim, todas as escolas que não possuam pelo menos 4 salas de aula não foram consideradas para efeitos de oferta tendo sido eliminadas 4 escolas;
- Cenário 2A – no 2º e 3º CEB apenas foi considerada a capacidade em termos de número de salas existentes em escolas EB23 e EBI, desprezando a capacidade instalada em escolas secundárias.

No primeiro caso o objectivo é o de avaliar a capacidade de resposta da rede do 1º CEB à procura prevista para o ano horizonte garantindo o completo cumprimento das normas do ministério da educação em termos de capacidade mínima das escolas e avaliar quais as consequências em termos de aumentos da distância agregada face ao cenário inicial deste módulo.

No segundo caso a análise assenta num cenário de evolução da rede escolar que aposta na autonomia da rede do ensino secundário e que se enquadra com os recentes objectivos definidos pelo governo português de assegurar a escolaridade obrigatória até ao 12º ano. Sendo esta medida implementada, deverá registar-se futuramente uma maior procura ao nível do ensino secundário, sobretudo fruto da redução esperada das taxas de abandono, levando a que a rede actual necessite de um maior reforço, que poderá eventualmente passar, como se equacionou neste cenário, pela remoção do 3º ciclo das actuais escolas secundárias. Para este aumento da procura do ensino secundário também contribuem os programas de ensino e formação de adultos que têm sido implementados nos últimos anos. Pretende-se assim avaliar se a rede proposta para o 2º e 3º CEB permite responder sozinha à procura prevista no ano horizonte e quais as consequências em termos de distância agregada que daí poderiam resultar.

A tabela 5 apresenta os resultados da aplicação do módulo 1 do SEADPRE à rede prevista para 2014. Os resultados obtidos para a rede do 1º ciclo do ensino básico indicam uma redução de quase 7% em termos de distância agregada relativamente às propostas das Cartas Educativas, havendo uma redução de 633.7 km nas deslocações dos alunos transportados apenas num trajecto diário.

Tabela 5. Resultados das propostas das CE e dos cenários intermunicipais do módulo 1 do SEADPRE

Níveis de Ensino	Cenários	Distância Agregada (km)	Δ	(%)	Alunos a transportar (nº)	Distância Agregada de alunos a transportar (km)	Δ	(%)
	Cartas Educativas	9506.8	-	-	1080	8545.7	-	-
1º CEB	SEADPRE (Cenário 1)	8873.1	-633.7	-6.7%	1105	7701.2	-844.6	-9.9%
	SEADPRE (Cenário 1A)	9951.8	+445.0	+4.68%	1182	8753.9	+208.2	+2.4%
	Cartas Educativas	22487.9	-	-	2188	19280.3	-	-
2º e 3º CEB	SEADPRE (Cenário 2)	19088.4	-3399.5	-15.1%	2012	15633.5	-3646.8	-18.9%
	SEADPRE (Cenário 2A)	19761.8	-2726.1	-12.1%	2431	16646.7	-2633.6	-13.7%

Esta redução é ainda maior quando comparada a distância agregada apenas dos alunos a transportar. Está análise é pertinente uma vez que as autarquias são legalmente responsáveis por assegurar o transporte escolar apenas aos alunos que distem mais de 4km da escola a que são alocados quando esta possui refeitório³¹, decorrendo daí um dos seus principais encargos financeiros da gestão anual da rede escolar. Assim analisando os resultados obtidos contabilizou-se um ligeiro aumento do número de alunos a transportar (+25 alunos) mas registou-se uma diminuição de quase 10% da distância agregada total a percorrer pelos alunos transportados num trajecto diário, totalizando uma redução de 844.6 km.

Os resultados do cenário 1A permitem concluir que a rede seria capaz de responder adequadamente a toda a procura prevista à custa de um aumento global de 4.68% da distância agregada. No entanto quando avaliada apenas a componente referente aos alunos a transportar esse aumento é de apenas 2.4% e o número de alunos a transportar cresce +9.44%.

Ao nível do 2º e 3º ciclo os ganhos são ainda mais substanciais, registando-se uma redução de 15.1% na distância agregada global e de -18.9% quando considerados apenas os alunos a transportar. Mesmo no cenário onde não é considerada a capacidade existente nas escolas secundárias os resultados obtidos permitem uma redução significativa da distância agregada quer global (-12.1%) quer apenas dos alunos a transportar (-13.7%).

³¹ Caso a escola não possua refeitório essa distância reduz-se para 3km. Para efeitos deste trabalho considerou-se que todas as escolas possuíam refeitório.

Para além da quantificação dos resultados obtidos importa também analisar as propostas em termos de alocações dos alunos às escolas. Os mapas seguintes (Figura 46) são os *outputs* gráficos do SEADPRE e apresentam a organização espacial das propostas de reordenamento para as duas redes do ensino básico consideradas separadamente. Da sua análise é perceptível o grau de intermunicipalidade proposto pelo SEADPRE com várias das freguesias periféricas dos municípios a serem alocadas às escolas em municípios vizinhos, tanto nos cenários 1 e 2 como nos cenários 1A e 2A, com particular destaque para as freguesias periféricas da zona Sul do de Sabrosa e da zona Norte de Alijó, onde a presença de oferta escolar nos municípios fronteiriços implica uma alteração substancial na alocação dos alunos de múltiplas freguesias.

Também a equidade em termos de acesso às escolas aumenta nas propostas do SEADPRE. Apesar de se definir à partida um valor máximo em termos de distância a percorrer entre as freguesias e as escolas alocadas, a noção de equidade aqui utilizada assume que uma solução é mais equitativa quanto mais perto das escolas estiverem os alunos das freguesias mais afastadas (Malczewski e Jackson, 2000). Para essa análise as freguesias foram agrupadas em intervalos de distância casa-escola e os resultados são apresentados pelo SEADPRE sob a forma de gráfico.

A proposta apresentada no cenário base apesar de garantir que todas as freguesias estejam abaixo dos limiares de distância definidos nas normas do ministério da educação (20km para o 1º CEB e 30 km para o 2º e 3º CEB), apresenta uma distribuição menos equitativa das freguesias pelos intervalos referidos, contabilizando-se 13 freguesias das 102 freguesias da AMVDN localizadas no último intervalo (12-20 km e 19 no intervalo seguinte (8-12km) no caso da rede do 1º CEB e 24 e 20 freguesias respectivamente no caso da rede do 2º e 3º CEB, sendo neste caso o último intervalo o segundo mais representativo de todos os intervalos considerados com 23.5% do total de freguesias.

A solução apresentada pelo SEADPRE para o cenário 1 permite reduzir o número de freguesias no último patamar de acessibilidade para apenas 7 freguesias e mesmo a solução do cenário 1A, apesar de apresentar uma distância agregada global superior à do cenário base, garante contudo um resultado mais equitativo uma vez que poucas freguesias são colocadas nos intervalos mais elevados de distância casa-escola (12 freguesias no último patamar e 16 no penúltimo)

No caso da rede do 2º e 3º CEB nas alterações são ainda mais notórias: no cenário base cerca de 43% das freguesias encontram-se a mais de 8km da escola de destino, nomeadamente 20 freguesias no penúltimo intervalo e 24 freguesias no último. Tanto no cenário 2 como no 2A este número desce significativamente registando-se em ambos apenas 14 freguesias no último intervalo e 19 no intervalo anterior.

O planeamento intermunicipal da rede escolar pode ainda ter um impacto positivo a nível financeiro para as autarquias. O transporte escolar, conforme referido anteriormente, representa uma grande fatia do orçamento anual para o sector da educação de um município, pelo que uma melhoria nos níveis de acessibilidade poderá significar uma poupança em termos de custos anuais de transporte escolar. Não sendo o principal objectivo deste trabalho, foi feita apenas uma análise dos custos de transporte dos circuitos escolares do município de Vila Real previstos nos Planos Anuais de Transporte Escolar da autarquia para os anos lectivos de 2006/2007 e 2007/2008 de modo a se procurar determinar um custo/aluno*km de referência para a AMVDN (tabela 6).

Tabela 6. Custos dos transportes escolares por circuito

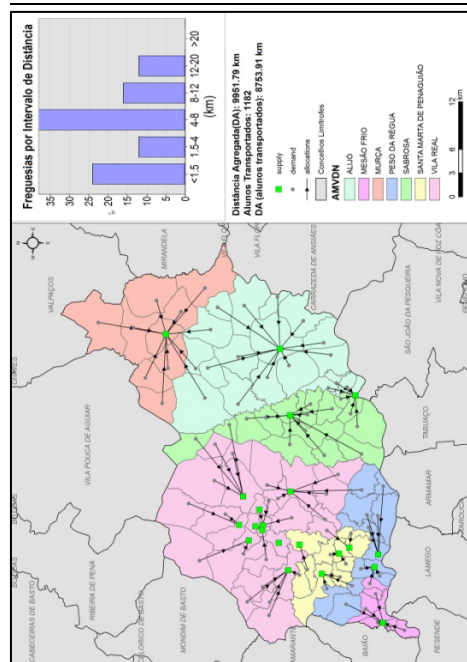
2006/2007							
Circuitos	Alunos transportados (n.º)	Capacidade máxima veículo (alunos) (n.º)	Distância diária percorrida (km)	Custo diário (€)	Custo/km (€)	Custo/aluno* km (€)	Custo/lugar* km (€)
(I, IX e XIV)	10	9	46	34.50	0.75	0.08	0.08
X	3	4	32	18.00	0.56	0.19	0.14
(II e VIII)	27	27	74	109.00	1.47	0.05	0.05
(III e IV)	20	18	56	65.00	1.16	0.06	0.06
VI	9	9	32	29.98	0.94	0.10	0.10
(XI e XIII)	15	18	48	39.98	0.83	0.06	0.05
VII	6	9	24	27.00	1.13	0.19	0.13
(V e XII)	6	4	56	26.99	0.48	0.08	0.12
2007/2008							
(VII)	8	9	24	23.00	0.96	0.12	0.11
(XV)	1	4	12	22.00	1.83	1.83	0.46
(I, IX, e XIV)	7	9	46	34.00	0.74	0.11	0.08
(XI, XIII)	12	9	48	23.50	0.49	0.04	0.05
(XII)	4	4	24	10.00	0.42	0.10	0.10
(III e IV)	18	9	56	75.00	1.34	0.07	0.15
(V e XVI)	9	9	28	22.50	0.80	0.09	0.09
(X)	2	4	32	16.00	0.50	0.25	0.13
(II, VIII)	22	27	74	49.50	0.67	0.03	0.02
(VI)	8	9	32	24.95	0.78	0.10	0.09
Médias				0.88	0.197	0.112	

Fonte: Planos de Transportes Escolares de Vila Real

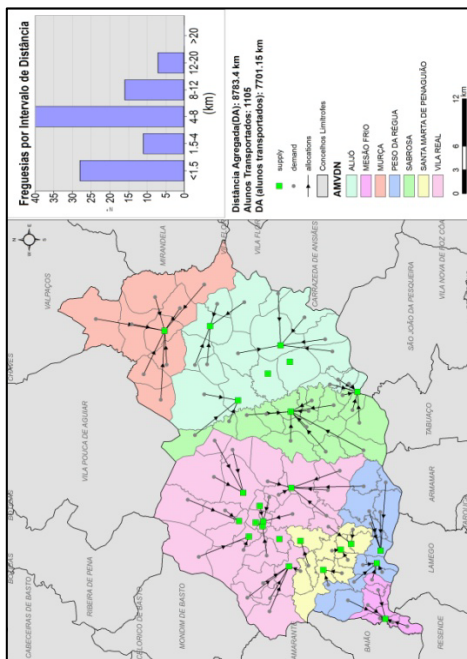
Com base no valor médio determinado e considerando duas deslocações diárias e um ano lectivo normal de 177 dias úteis para o ensino básico (segundo o Despacho n.º 11120-A/2010. 6 de Julho de 2010), a redução do total de quilómetros obtida para os alunos que distam mais de 4 km da escola de destino ascende a 298988.4 km apenas num ano lectivo o que corresponderia a uma poupança de cerca de 33.5 mil euros anuais apenas ao nível do 1º CEB. No 2º e 3º CEB a redução prevista pelo cenário 2 corresponderia a 1290967.2 km num ano lectivo ascendendo assim a uma poupança de quase 144 mil euros. O total de redução dos custos de transporte ascenderia a mais de 178 mil euros anuais.

Importa contudo referir que esta é uma análise simples do que deverão ser os custos de transporte associados a uma rede escolar uma vez que os valores são determinados para deslocações directas entre as freguesias e as escolas de destino e não considerando os trajectos em circuito escolar eventualmente necessários a criar e que certamente levariam a que o valor dos quilómetros diários fosse superior ao determinado nesta análise. Contudo dado que a simplificação é aplicada tanto ao cenário base como aos determinados pelo SEADPRE os resultados permanecem comparáveis.

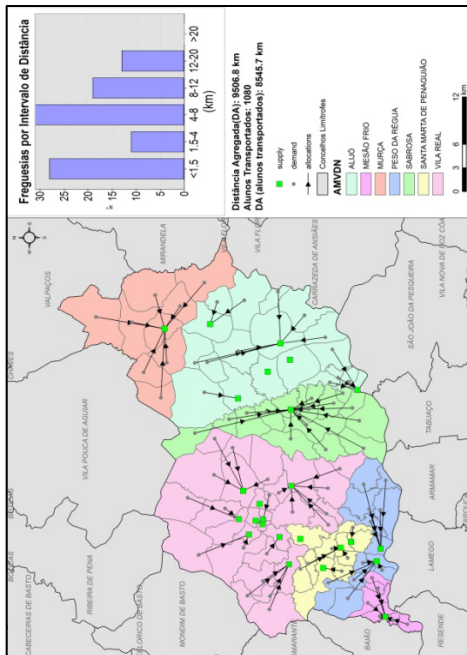
Cenário 1A- Intermunicipal (+4 salas)



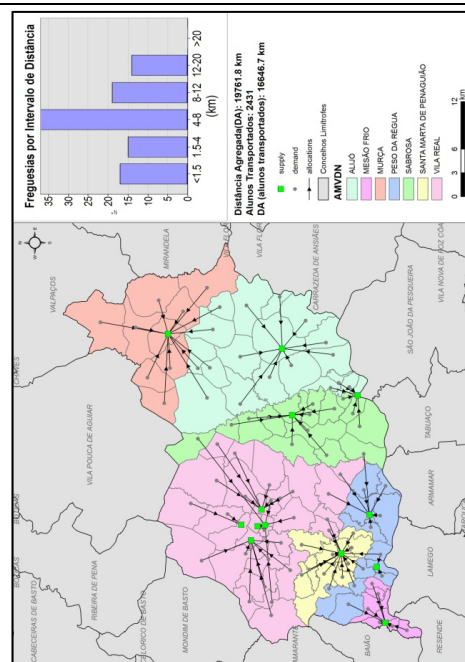
Cenário 1-Intermunicipal



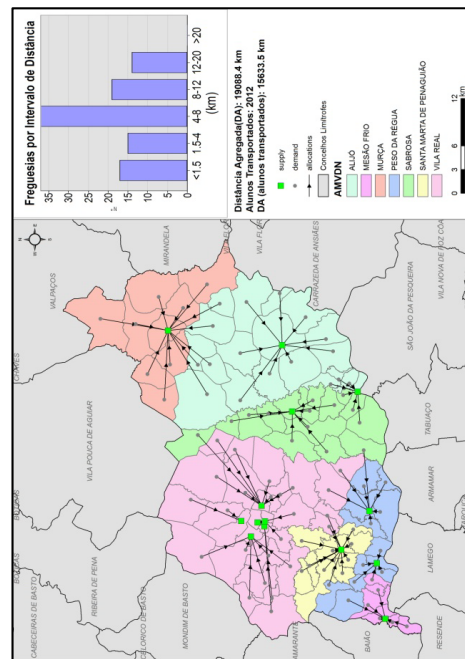
Cenário Base-Cartas Educativas



Cenário2A-Intermunicipal (s/Secundário)



Cenário2-Intermunicipal



Cenário Base-Cartas Educativas

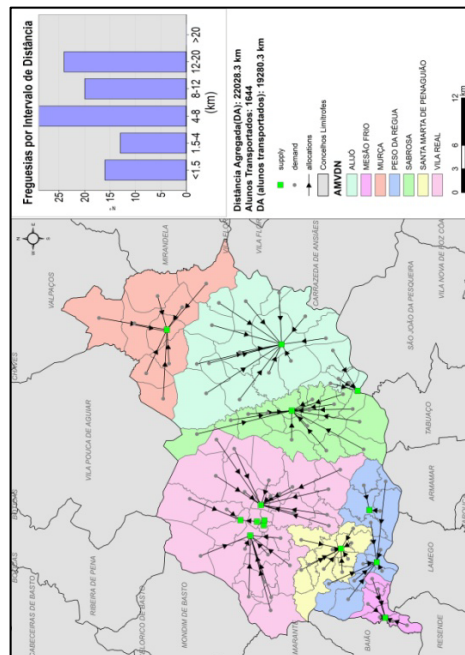


Figura 44. Cenários de reordenamento da rede do 1º CEB - módulo 2 do SEADPRE

5.3. Aplicação do Módulo 2 do SEADPRE

A Aplicação do módulo 2 do SEADPRE é feita com a consideração da actual rede escolar existente na AMVDN. O objectivo é avaliar não apenas os ganhos relativos à distância agregada dos alunos dos vários níveis de ensino básico mas também procurar avaliar a capacidade de minimização dos investimentos em termos de novas construções. Assim será considerada a capacidade existente por freguesia em 2010 para os três níveis do ensino básico desagregada por tipologias de escolas EB1 e EB23 e serão considerados valores máximos de novos módulos a abrir. Considerando as propostas das Cartas Educativas previa-se a instalação de 30 novos módulos de 4 salas para o 1º CEB nos vários centros escolares. Destes alguns encontram-se já em funcionamento (Murça, Sabrosa e Peso da Régua e Mesão Frio) e outros ainda estão já contratualizados ou em fase de concurso, pelo que a capacidade restante a instalar é de apenas 9 módulos (36 salas).

Ao nível do 2º e 3º CEB apenas estão previstos reforços da oferta escolar no município de Vila Real através da instalação de duas novas EBI onde no total estão previstas 40 novas salas. Assim o número máximo de módulos a considerar na aplicação do SEADPRE foi de 8 módulos.

Ao nível do 1º CEB os resultados obtidos para os vários cenários considerados em termos de aberturas e encerramentos de módulos apontam globalmente para a manutenção da actual rede existente com reforço da oferta no município de Vila Real. No cenário que assegura a menor distância agregada é proposto o encerramento de 4 escolas EB1 localizadas nas freguesias de Vilarinho da Samardã, Nossa Senhora da Conceição e Vila Marim no município de Vila Real e na freguesia de Fontes no município de Santa Marta de Penaguião. Em termos de propostas de aumento de capacidade o mesmo cenário propõe a abertura de 3 novas escolas nas freguesias de Arroios, Mondrões e Folhadela e o reforço da capacidade nas escolas das freguesias de São Dinis e Borbela todas localizadas no município de Vila Real e o reforço da capacidade do centro escolar na freguesia de Murça.

À medida que diminuem as alterações permitidas à rede quer seja por limitação de novos módulos a instalar, quer seja pelo limite de módulos a encerrar, o valor da distância agregada aumenta gradualmente tanto em termos globais como quando contabilizada apenas a distância agregada dos alunos a transportar. À excepção do cenário não limitado, os valores obtidos são superiores aos valores globais das propostas das Cartas Educativas, contudo essa diferença não é tão expressiva ao nível da distância agregada dos alunos a transportar, devendo-se ao facto de que as freguesias com pior acessibilidade no cenário base são também as mais periféricas e que portanto mais beneficiam de um reordenamento supra-municipal da rede escolar.

Tabela 7. Resultados da aplicação do módulo 2 do SEADPRE para o 1º CEB

Máximo de Módulos Novos (n.º)	Máximo de Módulos a Encerrar (n.º)	Módulos Novos (n.º)	Módulos Encerrados (n.º)	Distância Agregada (DA) (km)	Alunos a Transportar (n.º)	DA (alunos transportados) (km)
∞	∞	17	10	8454.2	972	7133.79
9	∞	9	6	11083.3	1205	8984.9
8	∞	8	7	12825.4	1355	10894.7
7	∞	*	*	*	*	*
9	5	9	5	11492.4	1162	9398.1
9	4	*	*	*	*	*

* Problema impossível

Os resultados alcançados não permitem uma melhoria global da acessibilidade e isso deve-se sobretudo a duas causas: (i) o estado avançado das propostas preconizadas nas cartas educativas não permite um elevado grau de flexibilidade nas propostas do SEADPRE uma vez que são poucos os módulos restantes que se podem eventualmente “relocalizar”. A comprová-lo atente-se aos resultados obtidos no cenário sem limites de novos módulos e encerramentos que aponta para uma redução de 11% da distância agregada global e de 16,5% da distância agregada dos alunos a transportar. (ii) a menor flexibilidade que uma análise da rede por módulos de salas impõe face à consideração de uma análise por número de salas de aula como a prevista nas cartas educativas onde várias das escolas propostas não apresentam um número de salas condizente com a modularidade exigida pelas normas de planeamento permitindo assim um ajustamento mais flexível à procura estimada.

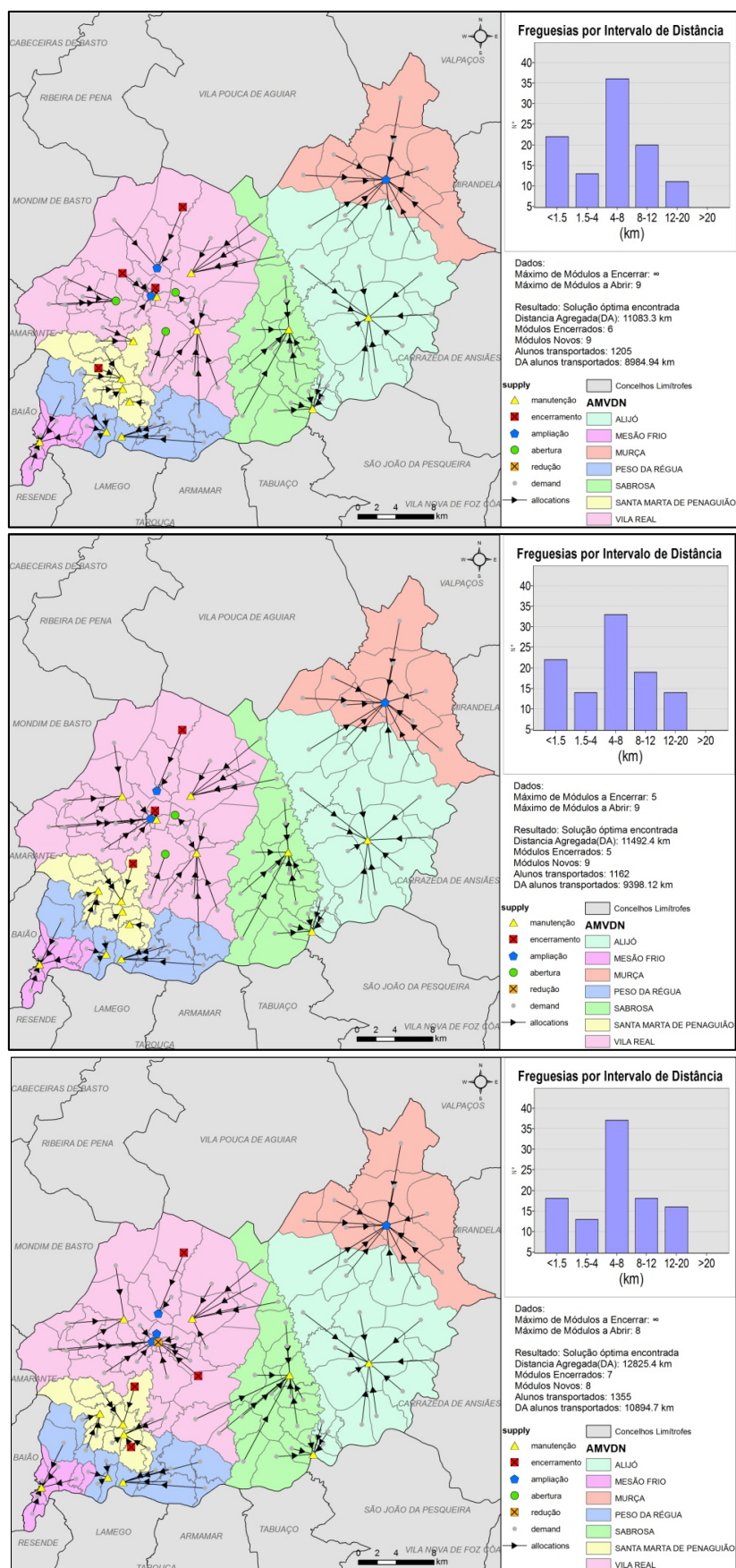


Figura 45. Cenários de reordenamento da rede do 1º CEB - módulo 2 do SEADPRE

No que diz respeito à rede do 2º e 3º CEB os cenários equacionados apontam globalmente para uma clara melhoria tanto dos níveis de acessibilidade global como dos alunos transportados (tabela 8). Mais uma vez, à medida que se limita o número de módulos novos a instalar, registam-se valores progressivamente mais elevados de distância agregada mas ainda assim muito inferiores aos registados no cenário base e mesmo nos cenários 2 e 2A resultantes da aplicação do módulo 1. As reduções registadas variam entre os -22% e os -11% ao nível da distância agregada global e os -27.2% e -15.8% ao nível da distância agregada dos alunos a transportar.

Tabela 8. Resultados da aplicação do módulo 2 do SEADPRE para o 2º e 3º CEB

Máximo de Módulos Novos (n.º)	Máximo de Módulos a Encerrar (n.º)	Módulos Novos (n.º)	Módulos Encerrados (n.º)	Distância Agregada (km)	Alunos a Transportar (n.º)	DA (alunos transportados) (km)
8	∞	8	2	17489.9	1937	14033.8
7	∞	7	4	17691.3	2028	14441.3
6	∞	5	2	18357.8	2028	14570.1
4	∞	3	2	20007.9	2103	16220.1
2	∞	*	*	*	*	*

* Problema impossível

Em todos os cenários obtidos é proposta a diminuição da capacidade oferta existente na cidade de Vila Real em favorecimento de novas localizações em zonas mais periféricas, nomeadamente nas freguesias de Vila Marim, Borbela, Torgueda, Mouços no município de Vila Real, que numa lógica supra-municipal permitem alcançar melhores níveis de acessibilidade (figura 48). Nos restantes municípios a capacidade instalada assegura em qualquer dos cenários uma oferta suficiente para toda a procura estimada sem necessidade de qualquer reforço de capacidade.

Mais uma vez as principais alterações em termos de alocações ocorrem nos municípios de Alijó e Sabrosa onde mais de 25% e 45% das respectivas freguesias são alocadas a escolas em municípios vizinhos permitindo ganhos substanciais em termos de acessibilidade

Analisando os custos de transporte e considerando os valores referidos no ponto 5.2 deste capítulo, o cenário onde se obteve um menor valor da distância agregada

permitiria uma redução de mais de 200 mil euros face à proposta das cartas educativas o que representa uma diminuição de -27.2% face ao valor estimado para o cenário base.

Também ao nível da equidade do acesso as melhorias são significativas: das 44 freguesias localizadas a mais de 8km da escola de destino do cenário base (20 freguesias entre 8 e 12km e 24 a mais de 12km) é possível reduzir para menos de metade, com particular destaque para o último patamar onde o número de freguesias previsto em qualquer dos cenários equacionados pelo SEADPRE não atinge mais do que 14 freguesias.

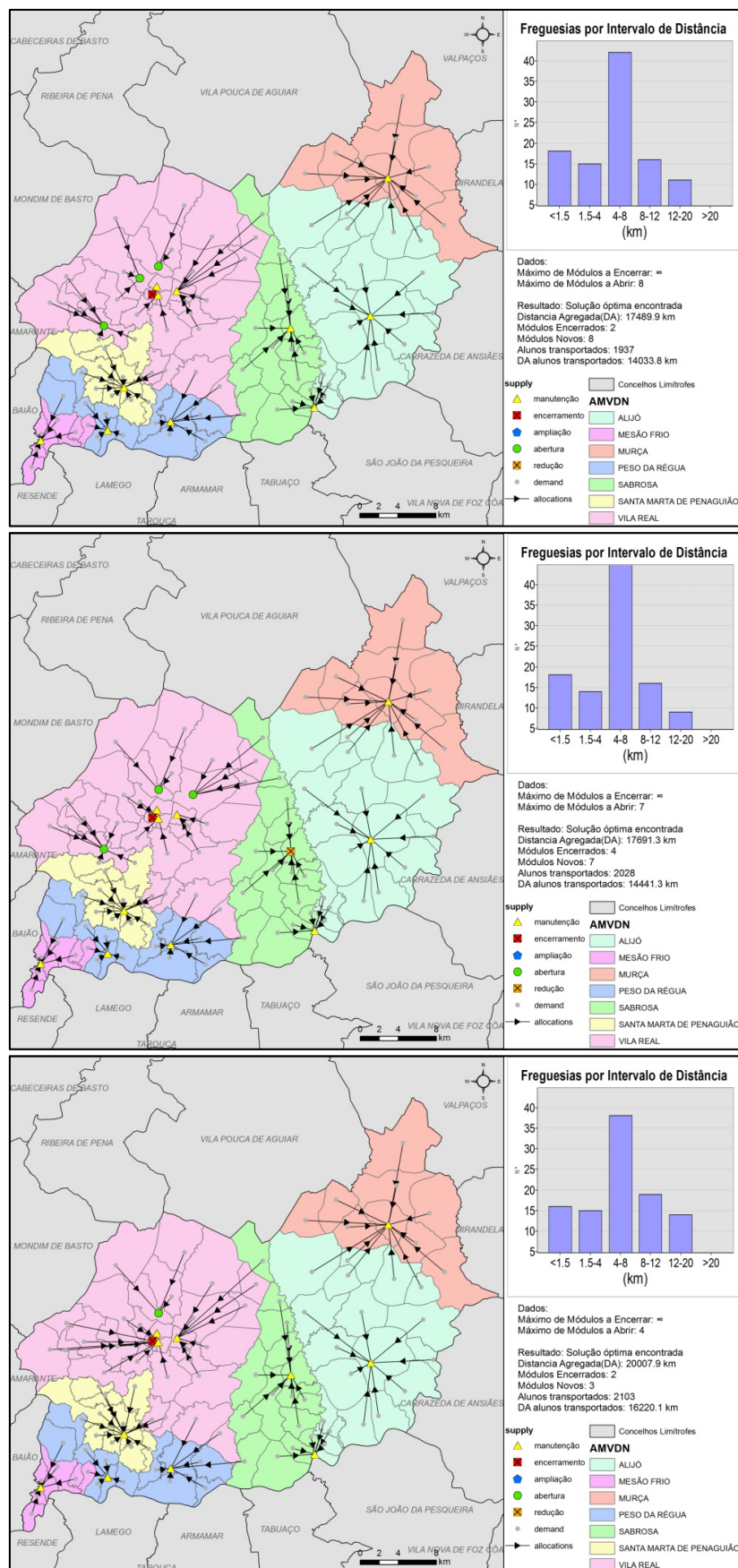


Figura 46. Cenários de reordenamento da rede do 2º e 3º CEB - módulo 2 do SEADPRE

5.4. Aplicação do Módulo 3 do SEADPRE

As orientações estratégicas a nível nacional indicam claramente que se deve promover, sempre que possível, a integração dos três ciclos de escolaridade do ensino básico numa mesma escola (EBI) dado que esta tipologia é a que poderá garantir melhores resultados em termos de eficácia pedagógica assegurando uma aprendizagem sequencial melhor programada e acompanhada dos alunos ao longo dos vários níveis de escolaridade, facilitando a sua sociabilização e inserção nos diferentes níveis do processo educativo e garantindo também uma melhor rentabilidade dos recursos físicos.

De modo a poder acomodar propostas mais coerentes com esta política de integração dos ciclos de escolaridade, o modelo desenvolvido para o módulo 3 do SEADPRE é hierárquico, permitindo a resolução simultânea das duas redes consideradas. As propostas de reordenamento obtidas com a aplicação do módulo 2, apresentadas no ponto anterior, apesar de permitirem uma melhoria global do ajustamento da oferta à procura com claras melhorias ao nível do 2º e 3º CEB, apresentam contudo propostas de reordenamento considerando duas redes distintas de escolas – EB1 e EB23 – podendo levar a situações de alguma incongruência, nomeadamente ao nível da alocação dos centros de procura às escolas, com a possibilidade de uma mesma freguesia ser alocada a destinos diferentes nos dois níveis de escolaridade considerados, quando poderia toda a sua procura ser servida apenas num desses destinos, evitando-se que com a mudança de ciclo os alunos mudassem de destino. A introdução de restrições de alocação simultânea das procuras dos vários níveis de ensino a um mesmo sítio integrada no modelo aplicado no módulo 3 permitirá obter cenários com propostas de localização de escolas EBI.

Os resultados obtidos não indicam explicitamente quais as soluções em termos de tipologia de escola que deverão ser adoptadas para cada sítio de oferta, mas ao indicarem o número de módulos dos dois níveis considerados que deverão existir constituem um auxílio valioso para o decisor sobre qual a solução a adoptar para cada sítio. No caso dos sítios onde já exista oferta escolar o modelo permite o reforço e ou/redução da capacidade instalada de cada um dos níveis podendo o decisor optar por uma solução de implementação de novas EBI's ou eventualmente converter escolas

EB23 em EBI. Este último caso é particularmente útil no caso de territórios já consolidados e onde as dinâmicas de procura escolar são regressivas como é o caso da AMVDN levando a que a implementação de novas escolas de tipologia EBI seja uma opção inviável dada a existência de uma oferta já de si excedentária em algumas zonas do território. As cartas educativas da AMVDN apresentam propostas que vão neste sentido como são o caso das propostas de transformação em EBI das actuais escolas EB23 do Pinhão no município de Alijó e das EB23 Diogo Cão e Monsenhor Jerónimo de Amaral na cidade de Vila Real.

Os resultados obtidos com a aplicação do módulo 3 estão apresentados na tabela 9. Considerando um primeiro cenário sem limites de abertura e encerramento de módulos, os valores obtidos apontam para uma redução do valor global da distância agregada face ao cenário base de 9.5% e uma redução de -15.3% da distância agregada dos alunos a transportar. Decompondo os resultados pelos vários níveis de escolaridade é perceptível que ao nível do 1º CEB os níveis de acessibilidade diminuem sendo compensados pela melhoria significativa ao nível do 2º e 3º CEB, onde a redução da distância agregada é superior a 25%.

À medida que aumentam os limites impostos em termos do número máximo de novos módulos a instalar, o nível de acessibilidade vai diminuindo mas mantendo-se sempre um resultado global melhor do que o cenário base previsto nas Cartas Educativas.

A configuração territorial das alocações dos dois níveis de ensino permite identificar situações onde a instalação de novas escolas EBI é viabilizada (Figura 47). No cenário “ilimitado” as propostas apontam para a criação de duas novas escolas EBI (Medrões e Torgueda) e a conversão em EBI da oferta localizada nas freguesias de Mouços, Andrães e Borbela através da instalação de capacidade ao nível do 2º e 3º CEB e na freguesia de Mateus através da instalação de capacidade do 1º CEB. São propostas ainda alterações ao nível das cidades através no caso de Peso da Régua da realocação de capacidade da freguesia de Godim para a freguesia de Peso da Régua e no caso de Vila Real da redução de capacidade na freguesia São Dinis.

No município de Santa Marta de Penaguião é proposto o encerramento de todas as escolas nas freguesias mais rurais mantendo apenas a capacidade instalada na sede do município. Nos restantes municípios as propostas apontam para uma manutenção da rede actual com excepção feita ao reforço de capacidade do 1º CEB proposto para a freguesia de Murça.

À medida que se impõem limites cada vez maiores de abertura de novos módulos a tendência global das propostas aponta para uma concentração nas freguesias sede de concelho. No cenário mais restritivo a proposta deixa de considerar a instalação de escola nas freguesias rurais de Torgueda e Medrões propondo o reforço da capacidade nas sedes de concelho, nomeadamente do 1º CEB em Santa Marta de Penaguião e dos dois níveis de escolaridade na cidade de Peso da Régua.

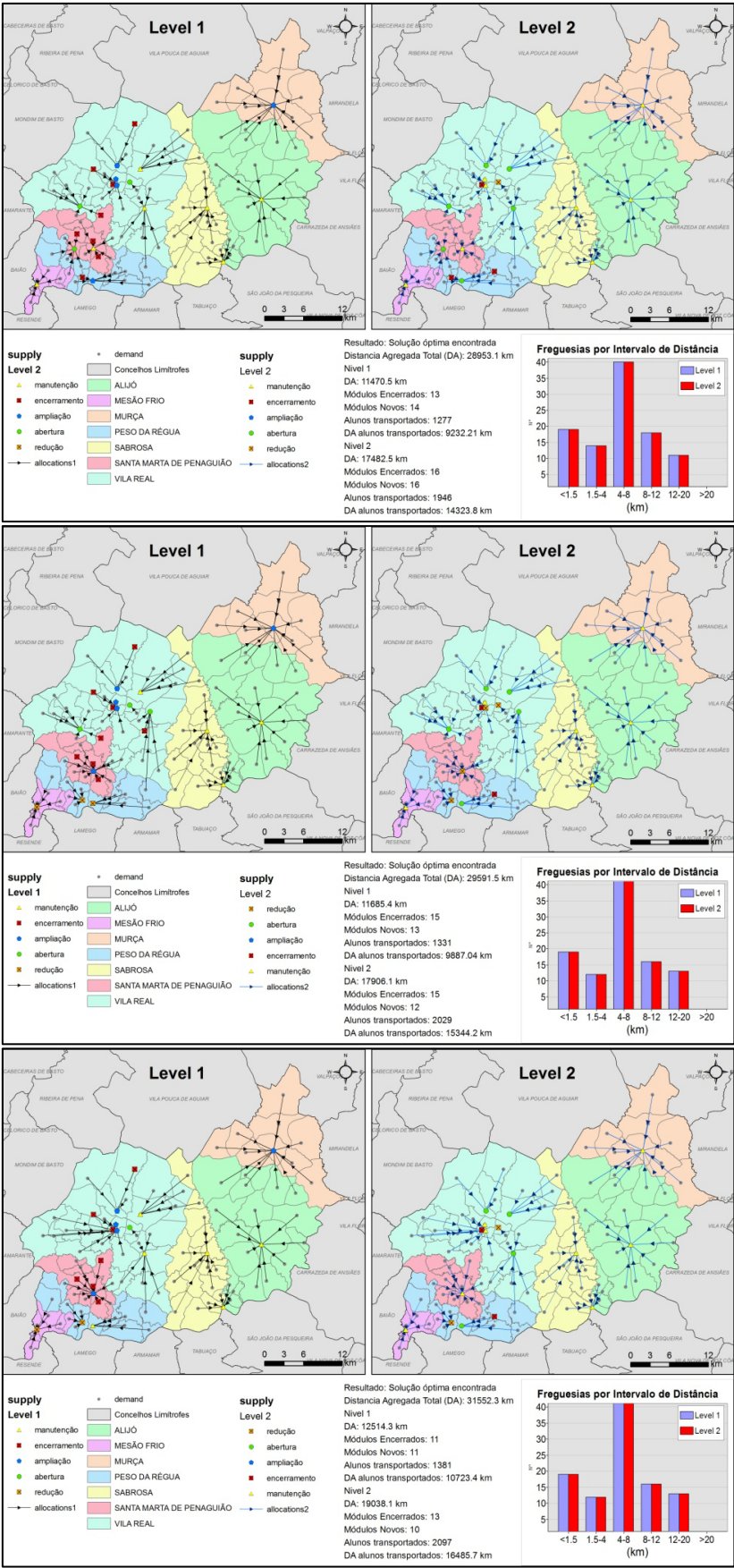


Figura 47. Cenários de reordenamento da rede do ensino básico - módulo 3 do SEADPRE

6. SÍNTESE

As múltiplas soluções dos cenários equacionados no ponto anterior permitem retirar algumas conclusões sobre a aplicabilidade do SEADPRE. A primeira conclusão é de que o sistema desenvolvido permite de uma forma expedita analisar uma multiplicidade de cenários de reordenamento da rede escolar, algo que não seria viável sem o recurso a ferramentas desta natureza. O sistema foi implementado num computador com sistema operativo Windows 7 a 64bits com processador Pentium Intel® Dual-Core T4400@2.2GHz e com 4GB de RAM resolvendo todos os cenários equacionados em menos de 60 segundos (Gráfico 21).

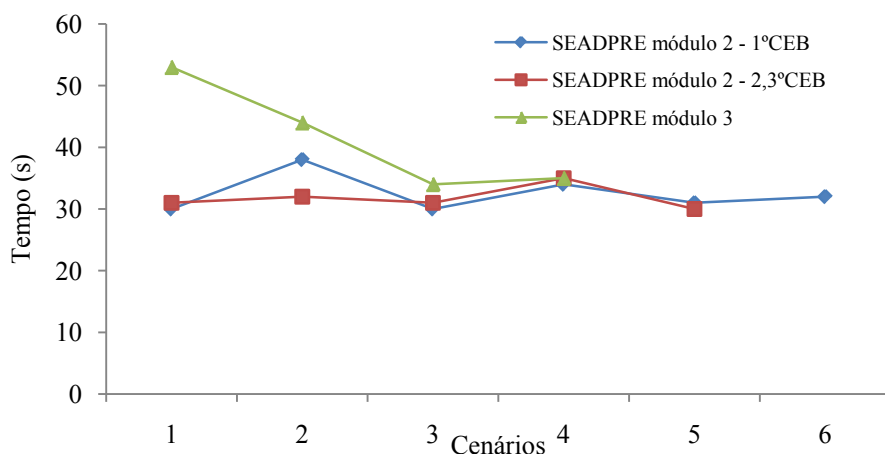


Gráfico 21. Tempo de resolução dos cenários equacionados no SEADPRE

Em segundo lugar destaca-se o facto de que em termos de propostas o SEADPRE apresentar, em todos os módulos, cenários onde a distância agregada global é inferior à prevista nas Cartas Educativas. Ao nível do 1º CEB a melhoria é conseguida apenas quando não são considerados limites máximos de abertura e encerramento de novos módulos, mas ao nível do 2 e 3º CEB todos os cenários equacionados permitem melhorias significativas comparativamente ao cenário base. Uma análise mais detalhada por freguesia dos resultados dos cenários 1 e 2 do módulo 1 (os únicos onde é possível efectuar uma comparação por freguesia uma vez que utilizam a mesma rede de escolas definida no cenário base) permite concluir que as freguesias mais periféricas são as que mais ganham relativamente às soluções do cenário de base.

Na figura 48, onde se apresentam as variações percentuais da distância agregada para o 1º CEB face às propostas das cartas educativas, é possível verificar que 21

freguesias apresentam reduções da distância agregada e que estas se localizam maioritariamente nas zonas periféricas dos municípios, evidenciando assim os benefícios que um reordenamento à escala intermunicipal poderá trazer para estes “territórios de fronteira”. A corroborar este facto destaca-se o caso particular dos municípios de Peso da Régua e sobretudo de Sabrosa cuja configuração territorial algo longilínea, leva a que as freguesias mais extremas estejam a distâncias significativas da escola onde estão alocadas, nomeadamente na sede de concelho, beneficiando muito da lógica intermunicipal de reordenamento uma vez que são alocadas a escolas de freguesias de outros municípios muito mais próximas, destacando-se as freguesias de Vinhós, Covas do Douro e Parada do Pinhão onde as melhorias atingem valores superiores a 50%.

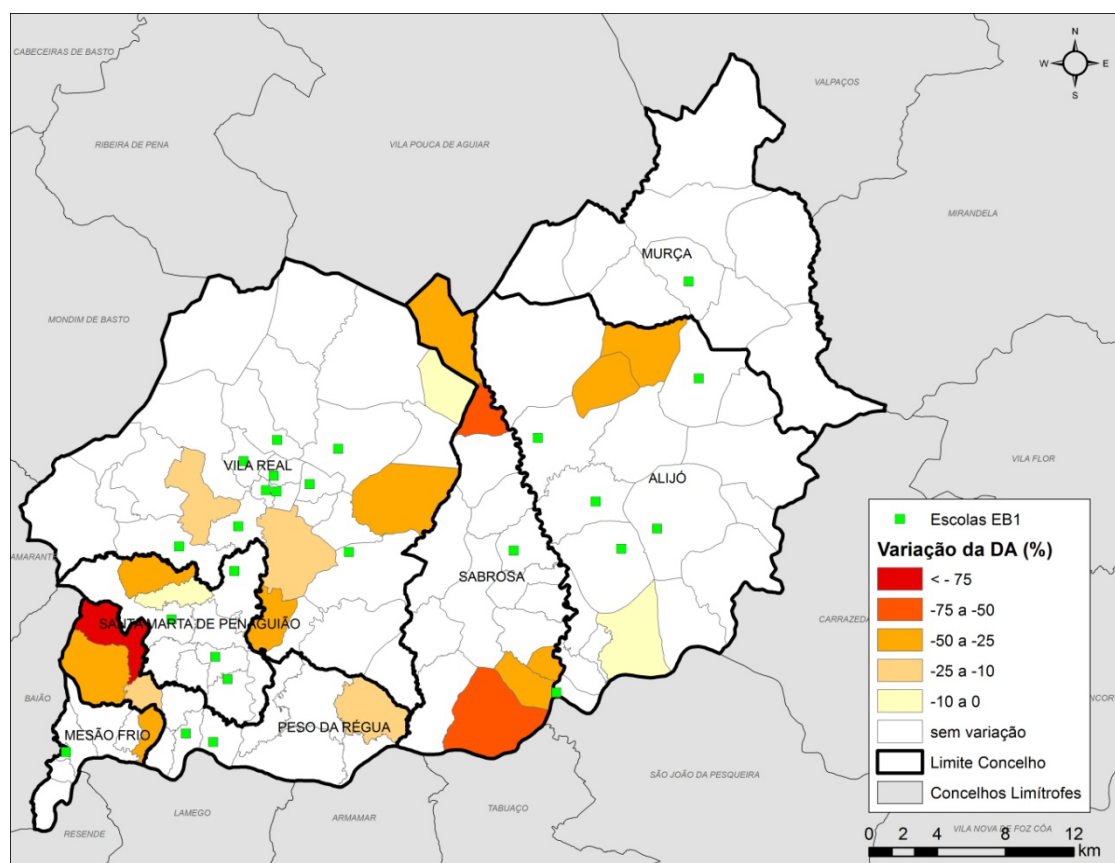


Figura 48. Variação da distância agregada por freguesia para o 1º CEB (módulo I-Cenário 1)

Os ganhos ao nível do 2 e 3º CEB são ainda mais significativos. Pela análise da figura 49 é possível verificar uma melhoria da acessibilidade em 24 das freguesias da AMVDN, com particular incidência mais uma vez nas freguesias periféricas. A concentração da oferta escolar nas freguesias sede de concelho ou na sua envolvente

imediate, levam a que a distância agregada das freguesias mais afastadas seja muito elevada nas propostas do cenário base, pelo que uma reorganização intermunicipal permite obter ainda maiores ganhos do que no nível de ensino anterior onde a rede é um pouco mais disseminada. Mais uma vez destacam-se os municípios de Peso da Régua e Sabrosa onde se encontram as freguesias com maiores ganhos.

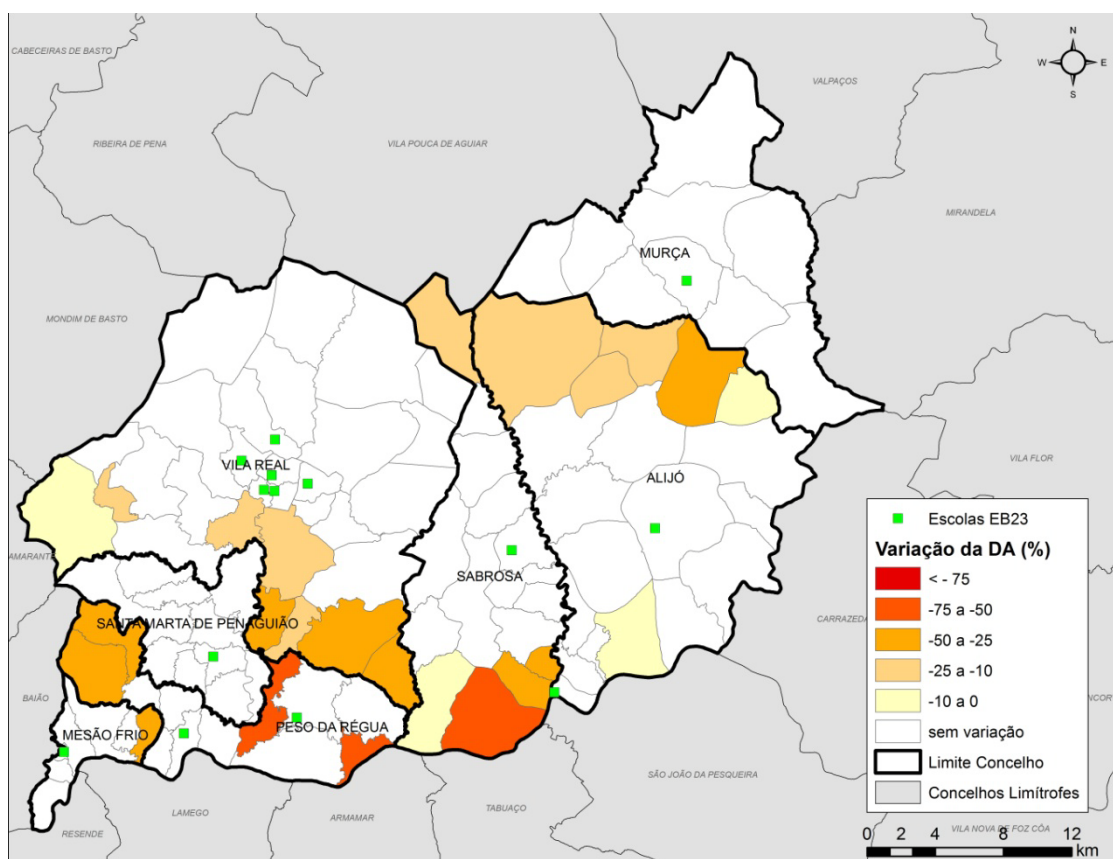


Figura 49. Variação da distância agregada por freguesia para o 2,3º CEB (módulo 1-Cenário 2)

Globalmente, as soluções propostas nos vários cenários equacionados demonstram que é possível melhorar os níveis de acessibilidade, mantendo ou até mesmo reduzindo o investimento global em termos de capacidade a instalar (nº de módulos) e assegurando o funcionamento de uma rede de oferta onde os mínimos de capacidade instalada são garantidos em todas as escolas, algo que não é assegurado na proposta das Cartas Educativas. Os cenários do módulo 3 permitem também concluir que esta escala de reordenamento permitiria uma autonomização do ensino básico face ao ensino secundário criando uma rede de escolas básicas integradas e melhorando ao mesmo tempo os níveis globais de acessibilidade.

CAPÍTULO VII.

CONCLUSÃO

1. SÍNTESE CONCLUSIVA

Um dos propósitos principais desta Tese de Doutoramento visava uma análise crítica dos processos, estratégias e escalas de planeamento adoptadas no reordenamento da rede escolar do ensino básico ocorridos em Portugal. Para a concretização deste objectivo cumpriram-se as seguintes etapas:

- foi analisada com um elevado nível de desagregação territorial a dinâmica sociodemográfica ocorrida em Portugal nas últimas décadas;
- foram estudadas, à escala concelhia e de NUT III, as dinâmicas temporais e espaciais das componentes de procura e oferta de ensino básico;
- foi analisada a evolução legislativa do processo de reordenamento das redes escolares e caracterizados os instrumentos de planeamento que o suportam bem como as estratégias desenvolvidas para a reforma efectuada;

Do trabalho desenvolvido nestas etapas é possível retirar algumas conclusões. A macrocefalia do sistema territorial português em torno das cidades de Lisboa e Porto complementada com uma tendência consistente de “urbanização total” do litoral e de afirmação de algumas cidades e eixos urbanos no interior provocaram fortes desequilíbrios territoriais, imprimindo dinâmicas demográficas regressivas das regiões interiores que provocaram fortes convulsões na rede escolar do ensino básico português, nomeadamente ao nível da dinâmica quantitativa e espacial da procura escolar.

A rede escolar do 1º ciclo do ensino básico, que assentou durante muitos anos numa lógica de grande proximidade territorial à procura, encontrava-se nos inícios do século XXI fortemente disseminada, não tendo acompanhando as dinâmicas demográficas registadas sobretudo nos últimos 30 anos. Como consequência dessa estagnação, registavam-se no início do séc. XXI inúmeras situações de sobredimensionamento de escolas rurais mas também uma forte sobrelotação de escolas urbanas, acarretando ambas as situações problemas de organização escolar e de disponibilização ajustada de meios e recursos escolares que garantissem uma eficaz prática de ensino.

As reformas iniciadas no ano 2000, naquele que foi designado como um processo de “*territorialização das políticas educativas*”, procuraram dar resposta a estes desfasamentos. A estratégia desenvolvida assentou numa lógica municipal de organização da rede escolar, cabendo às autarquias o planeamento e gestão do seu parque escolar ainda que estivessem “balizadas” por orientações centrais de índole técnica e política.

Este processo de reordenamento, não sendo exclusivo de Portugal, apresentou contudo alguns aspectos que o distinguem dos processos ocorridos em países de contextos socioculturais semelhantes como Espanha e França dos quais se destacam dois aspectos principais. O primeiro refere-se à celeridade na implementação das reformas dado que as reformas ocorridas em Portugal foram praticamente executadas nos últimos cinco anos enquanto nos outros países demorou cerca de duas décadas. Para este facto terá certamente contribuído o reconhecimento das especificidades das escolas rurais vertidas em legislação regulamentar específica nesses países que conjuntamente com os esforços desenvolvidos por estruturas de concertação dos diferentes agentes locais e regionais (comunidade docente, populações, autarcas, comunidade científica, etc.) permitiram refrear os iniciais ímpetus reformistas de encerramento generalizado de escolas.

O segundo aspecto refere-se às escalas adoptadas nas estratégias de reordenamento. Em Portugal, ao contrário dos outros países onde foram desenvolvidas soluções supra-municipais de ordenamento das redes escolares, a escala primordial adoptada foi a municipal. A adopção de novas formas de organização e de cooperação intermunicipal, como o caso das ZER em Espanha e dos RPI em França, asseguravam a manutenção de muitas das pequenas escolas em funcionamento, ao contrário do sucedido em Portugal onde foi seguido um critério nacional uniforme de encerramento de todas as escolas com menos de 10 alunos (e mais recentemente com menos de 20 alunos).

Contudo, uma análise das orientações metodológicas para a elaboração das cartas educativas revela que a escala intermunicipal encontra-se devidamente equacionada, podendo ser utilizada, caso os municípios entendam, nos seus processos de reordenamento das redes escolares. Talvez identificadas com o diagnóstico efectuado

pelo PNPOT que salienta a fraca cooperação territorial de âmbito supra-municipal na programação e gestão das redes escolares e propõe como medida prioritária a definição de Territórios e Programas Educativos Intermunicipais e instituição de Conselhos Intermunicipais de Educação, registam-se já em Portugal algumas dinâmicas intermunicipais de tentativa de planeamento integrado das suas redes escolares embora ainda sem efectivos práticos.

As decisões de reordenamento de uma rede escolar resultam da conciliação dos objectivos de inúmeros agentes que intervêm no sistema educativo a vários níveis e são exercícios de planeamento com um elevado grau de complexidade fruto das inúmeras condicionantes e restrições que deverão ser incorporadas no processo de tomada de decisão. Considerando uma escala de planeamento intermunicipal as variáveis a integrar no processo de decisão serão certamente em maior número e as restrições a incorporar mais complexas. Para a resolução de problemas de planeamento desta natureza os modelos de optimização, particularmente os modelos de localização, podem constituir uma importante ferramenta de apoio à decisão garantindo uma capacidade de análise expedita dos múltiplos cenários e incorporando múltiplas variáveis e restrições inerentes ao processo de planeamento, tornando-o mais transparente, e racional.

Assim, o segundo objectivo definido nesta Tese foi o de desenvolver um novo instrumento de apoio ao planeamento de redes escolares que integrasse modelos de optimização com ferramentas de análise espacial, constituindo assim um sistema espacial de apoio à decisão (SEAD) que permitisse a concepção expedita de cenários supra-municipais de reordenamento das redes escolares.

Para a concretização deste segundo objectivo cumpriram-se as seguintes etapas:

- fez-se uma recolha bibliográfica dos principais modelos de planeamento de equipamentos existentes bem como o “estado da arte” relativo aos modelos aplicados ao planeamento de redes escolares;
- propôs-se um novo modelo de planeamento para a resolução de problemas de redes escolares concordante com os propósitos da Tese;
- desenvolveu-se um protótipo de um sistema de apoio à decisão que integra o modelo desenvolvido com ferramentas de geoprocessamento e de

optimização, onde as interfaces de utilização e os métodos de entrada de dados e análise de resultados permitem a sua utilização eficaz pelo decisor não especializado;

- aplicou-se o sistema desenvolvido a um caso de estudo e compararam-se os resultados de acessibilidade obtidos à escala intermunicipal com as propostas dos cenários municipais de base.

O objectivo definido inicialmente foi assim na generalidade, atingido com sucesso, apresentando o modelo desenvolvido contribuições inovadoras para a área de conhecimento em que se integra o trabalho desenvolvido nesta Tese dado que integra restrições novas nunca antes equacionadas.

Outro dos aspectos inovadores refere-se à integração do software de optimização como o SIG. Os modelos e ferramentas de análise de redes actualmente integradas nos softwares SIG não permitem a resolução de problemas com a complexidade de uma rede escolar tornando-se portanto necessário recorrer a softwares de optimização. Na pesquisa bibliográfica efectuada foram apenas identificadas metodologias de integração fraca de sistemas desta natureza em aplicações ao planeamento de redes escolares enquanto neste caso o sistema desenvolvido baseia-se numa integração forte das componentes, havendo uma troca directa de informação entre as componentes sem haver necessidade de intervenção do utilizador.

Também a ferramenta desenvolvida apresenta aspectos inovadores, integrando funcionalidades de análise de resultados que contribuem para uma avaliação mais expedita e eficaz dos cenários considerados como ficou demonstrado na aplicação ao estudo de caso. As capacidades de representação espacial e gráfica dos resultados obtidos aliadas a possibilidade de pesquisa de resultados alfanuméricos permitem que esta seja uma ferramenta facilmente operacionalizável por um utilizador pouco especializado.

As funcionalidades existentes no SEADPRE permitem a elaboração de uma forma rápida e sistemática de múltiplos cenários de reordenamento das redes escolares e asseguram também uma fácil interpretação dos resultados mesmo para o utilizador menos especializado. Dos resultados dos diversos cenários criados para os vários níveis

de ensino básico é possível concluir que a organização supra-municipal pode garantir melhorias significativas dos níveis de acessibilidade das populações escolares assegurando ao mesmo tempo uma maior racionalidade no aproveitamento dos equipamentos escolares.

Na globalidade dos cenários efectuados regista-se uma redução do número de freguesias mais afastadas das escolas de destino o que indica que as soluções do SEADPRE garantem uma maior equidade territorial no acesso aos serviços de educação segundo a noção adoptada de Malczewski e Jackson (2000). A procura da equidade territorial no acesso à escola é de resto, conforme afirma Talen (2001), o critério fundamental de planeamento que permite responder eficazmente à iniquidade normalmente inerente aos processos de localização das escolas, devendo portanto destacar-se dos restantes critérios numa estrutura de análise multi-objectiva.

Sendo apenas mais um critério/objectivo inerente aos processos de planeamento de redes escolares, a acessibilidade “compete” por vezes com objectivos como a maximização da eficiência ou a sustentabilidade socioeconómica, sendo eventualmente remetido para um segundo plano. No caso concreto do território analisado, as opções pela concentração escolar propostas pela maioria dos municípios corroboram a desvalorização da acessibilidade entendendo-se porventura que a eficiência financeira e a rentabilidade pedagógica compensam de sobremaneira os aumentos significativos dos percursos casa-escola.

Os processos de reordenamento escolar implementados pelas autarquias favoreceram generalizadamente a concentração da oferta escolar, apoiando-se muitas vezes nos argumentos de que a concentração escolar favorece a qualidade de ensino, e as repercussões geográficas dessas propostas, porventura pouco analisadas ou negligenciadas, resultaram normalmente numa degradação dos níveis de acessibilidade dos alunos. Como consequência da degradação dos níveis de acessibilidade as autarquias, sobretudo as localizadas nos territórios mais rurais do Interior, enfrentam hoje outro tipo de dificuldades: da onerosidade decorrente da manutenção de escolas sobredimensionadas evoluiu-se agora para um elevado custo no transporte escolar.

Assim a lógica intermunicipal de ordenamento poderá assegurar, nalguns territórios, soluções de compromisso entre a eficiência financeira e pedagógica e a acessibilidade e equidade territorial do sistema educativo conforme o demonstram os resultados obtidos para a AMVDN. Esta é contudo uma lógica que constitui uma rutura com os actuais modelos de organização territorial dominantes em Portugal e que deve portanto ser equacionada com racionalidade. Neste sentido, ferramentas como o SEADPRE desenvolvido nesta Tese podem constituir um contributo importante no auxílio a estes processos de reordenamento, dado que permitem a definição e análise de múltiplos cenários de um modo expedito e eminentemente racional.

2. TRABALHOS FUTUROS

O trabalho desenvolvido nesta Tese pretende ser um contributo activo para o desenvolvimento de processos de planeamento de redes escolares mais expeditos e que possam agilizar outras escalas de planeamento como a escala supra-municipal. Sendo um processo e não um fim em si, alguns dos elementos desenvolvidos são passíveis de melhoramentos.

O modelo de planeamento proposto não pretende ser uma solução definitiva, mas antes mais um contributo para um processo evolutivo dos modelos de planeamento de aplicados a redes escolares já desenvolvidos. Importa pois desenvolver ainda mais a sua formulação e procurar incorporar outras restrições e objectivos de planeamento, nomeadamente as questões relativas à optimização dos circuitos de transporte escolar (*routing*). Neste sentido as ferramentas SIG incorporam já modelos avançados para o cálculo de rotas incorporando inúmeras restrições que os tornam ajustados à determinação de circuitos escolares. Dado que o SEADPRE desenvolvido assenta numa ferramenta SIG, uma das possíveis evoluções passará pela incorporação nos modelos de geoprocessamento definidos desta componente de optimização de rotas.

Actualmente o funcionamento do SEADPRE depende da presença conjunta de um software de optimização e outro de SIG no computador onde é executado. De modo a aumentar a sua portabilidade poderão ser desenvolvidos esforços no sentido de o tornar um serviço WEB que possa ser disponibilizado *online*, tomando partido da recente

plataforma da ESRI designada *ArcGIS Online* bem como das funcionalidades de partilha de ferramentas presentes na versão *ArcGIS 10*.

A aplicação do SEADPRE deverá ser alargada a outros territórios eventualmente com configurações e dimensões distintas do que foi utilizado nesta Tese, de modo a que se possa por um lado aferir do seu desempenho e aplicabilidade, e por outro recolher mais resultados que permitam uma maior análise dos eventuais impactos do reordenamento supra-municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alijó, Câmara Municipal de - *Carta Educativa do Município de Alijó*. Alijó, 2007. p. 129.
- Alter, Steven - *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1980. p.
- Antunes, António Pais; Peeters, Dominique - *A dynamic optimization model for school network planning*. Socio-Economic Planning Sciences. 34:(2001a). p. 101-120.
- Antunes, António Pais; Peeters, Dominique - *On solving complex multi-period location models using simulated annealing*. European Journal of Operational Research. 130:1 (2001b). p. 190-201.
- Armstrong, Marc P.; Lolonis, Panagiotis; Honey, Rex - *A Spatial Decision Support System for School Redistricting*. URISA Journal. 5:1 (1993). p. 40-52.
- Atamtürk, Alper; Savelsbergh, Martin - *Integer-Programming Software Systems*. Annals of Operations Research. 140:1 (2005). p. 67-124.
- Azevedo, José Maria - *Os nós da rede: o problema das escolas primárias em zonas rurais*. Porto: Edições Asa, 1996. p.
- Azevedo, José Maria, et al. - *Propostas para a melhoria das condições de funcionamento das escolas do 1º ciclo do ensino básico*. Ministério da Educação, Secretaria de Estado da Administração Educativa, 2001.
- Belford, Peter C.; Ratliff, H. Donald - *A Network-Flow Model for Racially Balancing Schools*. Operations Research. 20:3 (1972). p. 619-628.
- Bender, T., et al. - *Location software and interface with GIS and supply chain management*. . In: Drezner, Zvi ; Hamacher, Horst, Facility Location: Applications and Theory, New York, 2002, p.
- Bonczek, R. H.; Holsapple, C. W.; Whinston, A. B. - *Foundations of Decision Support Systems*: Academic Press Inc, 1981. p. 393.
- Bonczek, R. H.; Holsapple, C. W.; Whinston, A. B. - *Future Directions for Developing Decision Support Systems*. Decision Sciences. 11:4 (1980). p. 616-631.
- Burrough, P. A.; Mcdonnell, R. A. - *Principles of Geographical Information Systems*. New York: Oxford University Press, 1998. p.
- Camm, Jeffrey D., et al. - *Blending OR/MS, Judgment, and GIS: Restructuring P&G's Supply Chain*. INTERFACES. 27:1 (1997). p. 128-142.
- Carmena, Goya; Regidor, Jesús - *La política educativa y la escuela rural*. Cuadernos de Pedagogía. 79:(1981). p.

- Caro, F., *et al.* - *School redistricting: embedding GIS tools with integer programming*. Journal of the Operational Research Society. 55:(2004). p. 836-849.
- Carrilho, Maria José; Patrício, Lurdes - *A Situação Demográfica Recente em Portugal*. Revista de Estudos Demográficos. 42:(2006). p. 47.
- CCDR-N; Azevedo, José Maria - *Disparidades territoriais em educação na região do Norte: Indicadores de escolarização construídos com informação dos censos de 2001*. Porto, 2003. p.
- CCRN; Azevedo, José Maria; Azevedo, Joaquim (Coord.) - *Estudo das Disparidades Regionais no Acesso aos Benefícios da Educação na Região do Norte*. Porto, 1987. p.
- CCRN; PORTUGAL, Ministério do Equipamento do Planeamento e da Administração do Território; Azevedo, José Maria (Coord.) - *Disparidades regionais em educação e formação: a Região do Norte*. Porto, 1996. p.
- Church, Richard L.; Murray, Alan T. - *Modeling School Utilization and Consolidation*. Journal of Urban Planning and Development. 119:1 (1993). p. 23-38.
- Church, Richard L.; Shoepfle, O. Benjamin - *The choice alternative to school assignment*. Environment and Planning B: Planning and Design. 20:4 (1993). p. 447-457.
- Church, Richard; Meadows, B. - *Location Modeling Using Maximum Service Distance Criteria*. Geographical Analysis. 11:(1979). p. 358-373.
- Church, Richard; Reville, Charles - *The maximal covering location problem*. Paper of the Regional Science Association. 32:(1974). p. 101-118.
- Church, Richard. L.; Murray, Alan T. - *Business Site Selection, Location Analysis and GIS*. New York: John Wiley & Sons, 2009. p. 306.
- CIDE - *Examen de la política educativa española por la OCDE*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1986.
- CNE/ME - *Propostas e Recomendações para a Definição de Linhas Orientadoras do PRODEP II*. (1993).
- Comley, Warwick J. - *The out-of-kilter algorithm for solving network problems*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 27:3 (1996). p. 421 - 427.
- Cornuejols, Gerard; Fisher, Marshall L.; Nemhauser, George L. - *Location of Bank Accounts to Optimize Float: An Analytic Study of Exact and Approximate Algorithms*. Management Science. 23:8 (1977). p. 789-810.

- Costa, André Filipe Mesquita da - *Avaliação da Acessibilidade no Reordenamento da Rede do 1º Ciclo do Ensino Básico: O Caso da NUT III - Douro*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, (2009).
- Current, John; Daskin, Mark; Schilling, David - *Discrete network location models*. In: Facility Location Theory: Applications and Methods, Berlin, 2002, p. 81-118
- DAPP-ME - *CrITÉrios de Reordenamento da Rede Educativa*. Lisboa: Departamento de Avaliação Prospectiva e Planeamento - ME, (2000a).
- DAPP-ME - *Manual para a elaboração da Carta Educativa*. Lisboa: Departamento de Avaliação Prospectiva e Planeamento - ME, (2000b).
- Densham, P. J. - *Spatial Decision Support Systems*. In: MAGUIRE, David .J., *et al.*, Geographic Information Systems: principles and applications, Essex, 1991, p. 403-412
- Densham, Paul J.; Rushton, Gerard - *A more efficient heuristic for solving large p-median problems*. Papers in Regional Science. 71:3 (1992). p. 307-329.
- DGOTDU - *Normas de Programação e Caracterização de Equipamentos Colectivos*. Lisboa, 2002. p.
- DGOTDU - *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território - Relatório*, 2007. p. 149.
- Diamond, James T.; Wright, Jeff R. - *Multiobjective Analysis of Public School Consolidation*. Journal of Urban Planning and Development. 113:1 (1987). p. 1-18.
- Dijkstra, E. W. - *A Note on Two Problems in Connection with Graphs*. Numerische Math. 1:(1959). p. 269-271.
- Drezner, Zvi - *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. New York: Springer, 1995. p.
- Drezner, Zvi; Hamacher, Horst - *Facility location : applications and theory*. Berlin: Springer, 2002. p.
- España, Ministerio de Educación y Ciencia - *Las cifras de la Educación en España. Estadísticas e indicadores. Edición 2000*. Oficina de Estadística, (2000).
- ESRI, Environmental Systems Research Institute Inc. - *ArcInfo® 9 - Using ArcGIS Desktop*. Redlands , CA . (2006).
- ESRI, Environmental Systems Research Institute Inc. - *ArcInfo® 9 - What is ArcGIS*. Redlands , CA . (2008).
- FICO - *Xpress Optimization Suite - Getting Started with Xpress, Release 7*. Fair Isaac Corporation, (2009a).

- FICO - *Xpress Optimization Suite - Xpress-Mosel User guide, Release 3.0*. Fair Isaac Corporation, (2009b).
- Fischbeck, P. - *GIS: More than a Map*. OR/MS Today. (1994). p. 42-45.
- Franklin, Allen D.; Koenigsberg, Ernest - *Computed School Assignments in a Large District*. Operations Research. 21:2 (1973). p. 413-426.
- Gac, I.; Martinez, F.; Weintraub, A. - *A deterministic linear optimization model for allocating schools to zones*. Journal of the Operational Research Society. 60:7 (2008). p. 895-905.
- Galvão, Roberto Diéguez; Raggi, Luis Aurélio - *A Method for Solving to Optimality Uncapacitated Location Problems*. Annals of Operations Research. 18:1-4 (1989). p. 225-244.
- Garey, Michael R.; Johnson, David S. - *Computers and Interactibility: a Guide to the Theory of NP-Completeness (Series of Books in the Mathematical Sciences)*. San Francisco: W H Freeman & Co., (1979).
- Garrison, William L. - *SPATIAL STRUCTURE OF THE ECONOMY: II*. Annals of the Association of American Geographers. 49:4 (1959). p. 471 - 482.
- Gaspar, Jorge - *Enquadramento Geográfico*. In: Tenedório, J. (Coord.), Atlas da Área Metropolitana de Lisboa, Lisboa, 2003, p. 28-43
- Gaspar, Jorge; Afonso, Natércio; Alves, Teresa - *Desenvolvimento Sustentável: as Pessoas, o Espaço, o Ambiente*. In: Carneiro, Roberto, O Futuro da Educação em Portugal. Tendências e Oportunidades – um estudo de reflexão prospectiva, Tomo II – As Dinâmicas de Contexto, Lisboa, 2000, p. 227-336
- Gelis, Jordi Feu i - *La escuela rural en España: apuntes sobre las potencialidades pedagógicas, relacionales y humanas de la misma*. Erural. Educación, Cultura y Desarrollo Rural. 2:3 (2004). p. 13.
- GEPE/ME. 2007. *Alguns referenciais técnicos para a construção/requalificação/ampliação de escolas na perspectiva do centro escolar* [Online]. Ministério da Educação. Disponível em: http://www.centroescolar.min-edu.pt/np4/file/9/programa_ii.pdf [Acedido em 25/05/2010].
- GEPE/ME; INE, I.P. - *50 Anos de Estatísticas da Educação - Volume III*. Lisboa-Portugal, 2009. p.
- Gerrard, R. A., et al. - *Selecting conservation reserves using species-covering models: Adapting the ARC/INFO GIS*. Transactions in GIS. 2:1 (1997). p. 45-60.
- GIASE/ME - *Séries Cronológicas - 30 Anos de Estatísticas da Educação - Alunos 1977-2006 - Volume I*. Lisboa: Gabinete de Informação e Avaliação do Sistema Educativo, 2006a. p. 265.

- GIASE/ME - *Séries Cronológicas - 30 Anos de Estatísticas da Educação - Alunos 1977-2006 - Volume II*. Lisboa: Gabinete de Informação e Avaliação do Sistema Educativo, 2006b. p. 323.
- Gómez, Ángel Rtvíere, *et al.* - *El SISTEMA educativo español*. Madrid: 1988.
- Gonçalves, Pedro Borges - *Avaliação da Acessibilidade no Reordenamento da Rede do 1º Ciclo do Ensino Básico: O Caso da NUT III Alto Trás-os-Montes*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, (2009).
- Goodchild, Michael F. 1997. *What is Geographic Information Science?* [Online]. NCGIA Core Curriculum in GIScience. Disponível em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html> [Acedido em 01-04-2010].
- Greenleaf, Nora E.; Harrison, Terry P. - *A mathematical programming approach to elementary school facility decisions*. Socio-Economic Planning Sciences. 21:6 (1987). p. 395-401.
- Hakimi, S. L. - *Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems*. Operations Research. 13:(1965). p. 462-475.
- Hakimi, S. L. - *Optimum location of switching centers and the absolute centers and the medians of a graph*. Operations Research. 12:(1964). p. 450-459.
- Henig, Mordechai; Gerchak, Yigal - *Dynamic Capacity Planning of Public Schools in Changing Urban Communities*. Socio-Economic Planning Sciences. 20:5 (1986). p. 319-324.
- Holmes, J.; Williams, F. B.; Brown, L. A. - *Facility Location Under A Maximum Travel Restriction - An Example Using Day Care Facilities*. Geographical Analysis. 4:3 (1972). p. 258-266.
- IGP. 2007. *Atlas de Portugal* [Online]. Lisboa. Disponível em: http://www.igeo.pt/atlas/Cap2/Cap2c_1.html [Acedido em 3-08-2009].
- INE, I.P. - *Anuário Estatístico de Portugal 2007*. Lisboa, 2008. p. 624.
- INE, I.P. - *Portugal Social 1991-2001*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2003. p. 233.
- Jiménez, Jesús - *Chequeo a la Escuela Rural. Una escuela desahuciada*. Cuadernos de Pedagogía. 214:(1993). p. 96-103.
- Jiménez, Jesús - *La educación en el medio rural*. In: Estudios sobre Aragón en el umbral del siglo XXI: Jornadas sobre Aragón en el umbral del siglo XXI Ejea de los Caballeros. 2002.

- Johnson, Michael P. - *A spatial decision support system prototype for housing mobility program planning*. Journal of Geographical Systems. 3:1 (2001). p. 49-67.
- Kariv, O.; Hakimi, S. L. - *An algorithmic approach to network location problems.II. the p-medians*. SIAM Journal of Applied Mathematics. 37:3 (1979). p. 539-560.
- Keen, Peter G. W; Morton, Michael S. Scott - *Decision support systems : an organizational perspective*. Reading: Addison-Wesley, 1978. p. 264.
- Klose, Andreas; Drexl, Andreas - *Facility location models for distribution system design*. European Journal of Operational Research. 162:1 (2005). p. 4-29.
- Krarup, Jocab; Pruzan, Peter Mark - *The Simple Plant Location Problem: Survey and Synthesis*. European Journal of Operational Research. 12:1 (1983). p. 36-81.
- Leite, Sofia - *População presente e população residente segundo o sexo e idades através dos Censos*. Revista de Estudos Demográficos. 32:(2002). p. 5-50.
- Lima, Manuel. 2008. *Divisões Administrativas de Portugal* [Online]. Disponível em: <http://www.shapesofportugal.com/sop/divisoaes/> [Acedido em 10-11-2009].
- Liu, Nan; Huang, Bo; Chandramouli, Magesh - *Optimal Siting of Fire Stations Using GIS and ANT Algorithm*. Journal of Computing in Civil Engineering. 20:5 (2006). p. 361-369.
- Longley, Paul, *et al.* - *Geographic Information Systems and Science*: John Wiley & Sons, 2005. p.
- Lorena, Luiz Antonio Nogueira, *et al.* - *Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas*. GESTÃO & PRODUÇÃO. 8:2 (2001). p. 15.
- Maguire, David .J. - *An overview and definition of GIS*. In: MAGUIRE, David .J., *et al.*, *Geographical Information Systems: principles and applications*, Essex, 1991, p. 9-20
- Maguire, David; Batty, Michael; Goodchild, Michael F. - *GIS, Spatial Analysis, and Modeling*. Redlands, CA: ESRI Press, 2005. p. 498.
- Malczewski, Jacek. 1997. *Spatial Decision Support Systems, NCGIA Core Curriculum in GIScience* [Online]. Disponível em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/u127.html> [Acedido em 14 de Julho].
- Malczewski, Jacek; Jackson, Marlene - *Multicriteria spatial allocation of educational resources: an overview*. Socio-Economic Planning Sciences. 34:3 (2000). p. 219-235.
- Marianov, Vladimir; Serra, Daniel - *Location models in the public sector*. Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra, 2004.

- Marques, Teresa Sá - *Sistema urbano e territórios em transformação*. In: Medeiros, Carlos Alberto, Geografia de Portugal, Volume II, Lisboa, 2005, p.
- Martins, Édio - *Carta Educativa: Ambiguidades e Conflitualidades*. Revista Lusófona de Educação. 6:(2005). p. 139-151.
- Martins, Helena Arcanjo; Neto-Mendes, António; Cordeiro, A. M. Rochette - *Regulação das Cartas Educativas: instrumentos , actores e impactos: O exemplo do Portugal Central*. Lisboa: O Ensino do Futuro - Escolas para o século XXI, (2010).
- Matthews, Peter, et al. - *Política educativa para o primeiro ciclo do ensino básico - 2005-2008 - Avaliação internacional*. Lisboa, 2009. p.
- Mattsson, L. G. - *Residential Location and School Planning in a Tightening Urban Economy*. Annals of Operations Research. 6:1-4 (1986). p. 181-200.
- McDaniel, R. Dale - *Case study of the use of the transportation algorithm for school districting under federal integration guidelines*. Socio-Economic Planning Sciences. 9:6 (1975). p. 271-272.
- MEN-MESR-DEPP - *Repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche - edition 2001*. Paris, 2001. p.
- MEN-MESR-DEPP - *Repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche - edition 2010*. Paris, 2010. p.
- Mesão Frio, Câmara Municipal de - *Carta Educativa do Município de Mesão Frio*. Mesão Frio, 2006. p. 161.
- Müller, Sven; Haase, Knut; Kless, Sascha - *A multiperiod school location planning approach with free school choice*. Environment and Planning A. 41:12 (2009). p. 2929-2945.
- Murça, Câmara Municipal de - *Carta Educativa do Município de Murça*. Murça, 2006. p. 134.
- Murray, Alan T. - *Advances in location modeling: GIS linkages and contributions*. Journal of Geographical Systems. 12:3 (2010). p. 335-354.
- Peso da Régua, Câmara Municipal de - *Carta Educativa de Peso da Régua - Caracterização e Diagnóstico da Rede Educativa do Município de Peso da Régua* (Vol. 1). Peso da Régua, 2006a. p. 136.
- Peso da Régua, Câmara Municipal de - *Carta Educativa de Peso da Régua - Cenários de Desenvolvimento e Projeções Demográficas do Município de Peso da Régua* (Vol. 2). Peso da Régua, 2006b. p. 59.

- Peso da Régua, Câmara Municipal de - *Carta Educativa de Peso da Régua - Proposta de Reordenamento da Rede Escolar Pública do Município de Peso da Régua* (Vol. 3). Peso da Régua, 2006c. p. 47.
- Pizzolato, Nelio Domingues; Barcelos, Fabricio Broseghini; Nogueira, Lorena Luiz Antonio - *School location methodology in urban areas of developing countries*. International Transactions in Operational Research. 11:6 (2004). p. 667-681.
- Pizzolato, Nelio Domingues; Fraga da Silva, Hamilton B. - *The Location of Public Schools: Evaluation of Practical Experiences*. International Transactions in Operational Research. 4:1 (1997). p. 13-22.
- Revelle, Charles; Swain, W. - *Central Facilities Location*. Geographical Analysis. 2:(1970). p. 30-42.
- Ribeiro, Alexandra; Antunes, António Pais - *A GIS-based decision-support tool for public facility planning*. Environment and Planning B: Planning and Design. 29:4 (2002). p. 553-569.
- Sabrosa, Câmara Municipal de - *Carta Educativa do Município de Sabrosa*. Sabrosa, 2007. p. 143.
- Safra, Martine - *L'Infrastructure de L'Éducation dans les Zones Rurales*. Bélgica: (1993).
- Salgueiro, Teresa Barata - *A Cidade em Portugal: Uma Geografia Urbana*. Lisboa: Edições Afrontamento, 1992. p. 147-241.
- Santa Marta de Penaguião, Câmara Municipal de - *Carta Educativa do Município de Santa Marta de Penaguião*. Santa Marta de Penaguião, 2006. p. 173.
- São Pedro, Maria Emília, et al. - *Uma Leitura Quantitativa do Sistema Educativo*. In: Carneiro, Roberto, O Futuro da Educação em Portugal. Tendências e Oportunidades – um estudo de reflexão prospectiva, Tomo I – Questões de Método e Linhas Gerais de Evolução, Lisboa, 2000, p. 96-232
- Schoepfle, O. Benjamin; Church, Richard L. - *A Fast, Network-based, Hybrid Heuristic for the Assignment of Students to Schools*. Journal of the Operational Research Society. 40:11 (1989). p. 1029-1040.
- Senat. 2006. *Possibilités de transformation de regroupements scolaires en établissements publics de coopération intercommunale, en particulier sur la forme de syndicats des écoles* [Online]. Sénat - Service des Collectivités locales. Disponível em: http://carrefourlocal.senat.fr/vie_locale/cas_pratiques/possibilites_de_transformation/index.html [Acedido em 03/10/2010].
- Simon, Herbert Alexander - *The new science of management decision*. New York: Harper, 1960. p.

- Sprague, Ralph H.; Carlson, Eric D. - *Building Effective Decision Support Systems*: Prentice Hall Professional Technical Reference, 1982. p.
- Sutcliffe, Charles; Board, John; Cheshire, Paul - *Goal Programming and Allocating Children to Secondary Schools in Reading*. J Oper Res Soc. 35:8 (1984). p. 719-730.
- Sutcliffe, Charles M. S.; Board, John L. G. - *Designing secondary school catchment areas using goal programming*. Environment and Planning A. 18:5 (1986). p. 661-675.
- Swanson, H. S.; Woolsey, R. E. D. - *An "Out-of-Kilter" network tutorial*. SIGMAP Bull. 13 (1973). p. 34-40.
- Talen, Emily - *School, Community, and Spatial Equity: An Empirical Investigation of Access to Elementary Schools in West Virginia*. Annals of the Association of American Geographers. 91:3 (2001). p. 465 - 486.
- Teitz, Michael B.; Bart, Polly - *Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph*. Operations Research. 16:5 (1968). p. 955-961.
- Teixeira, João C.; Antunes, António Pais - *A Hierarchical location model for public facility planning*. European Journal of Operational Research. 185:1 (2008). p. 92-104.
- Teixeira, João C.; Antunes, António Pais; Peeters, Dominique - *An optimization-based study on the redeployment of a secondary school network*. Environment and Planning B: Planning and Design. 34:(2007). p. 296-315.
- Tewari, V. K.; Sidheswar, J. - *High school location decision making in rural India and location-allocation models*. In: Ghosh, A. ; Rushton, G., Spatial Analysis and Location-Allocation Models, New York, 1987, p. 137-162
- Toregas, Constantine, *et al.* - *The Location of Emergency Service Facilities*. Operations Research. 19:6 (1971). p. 1363-1373.
- Turban, Efraim; Liebowitz, Jay - *Managing Expert Systems*. Harrisburg, PA: Idea Group Publishing, 1992. p.
- Valimar - *Carta Educativa Intermunicipal da Valimar ComUrb - Vol. I, II e III* (Vol. I, II e III), 2006. p. 419.
- Viegas, J. M. - *Short and mid-term planning of an elementary school network in a suburb of Lisbon*. Sistemi Urbani. 1:(1987). p. 55-77.
- Vieira, Luís Filipe da Rosa - *O Planeamento da Rede Escolar à Escala Intermunicipal: O Caso da NUT III Minho-Lima*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, (2009).

Vila Real, Câmara Municipal de - *Carta Educativa de Vila Real - Caracterização e Diagnóstico da Rede Escolar de Vila Real* (Vol. 1). Vila Real, 2007a. p. 129.

Vila Real, Câmara Municipal de - *Carta Educativa de Vila Real - Propostas de Intervenção na Rede Escolar Pública* (Vol. 3). Vila Real, 2007b. p. 106.

Weber, A. - *Über den Standort der Industrien (Alfred Weber's Theory of Location of Industries)*. University of Chicago, 1929.

Woodall, Mark, *et al.* - *The Elimination of Racially Identifiable Schools*. The Professional Geographer. 32:4 (1980). p. 412-420.

Yeates, Maurice - *Hinterland Delimitation: A distance minimizing Approach*. The Professional Geographer. 15:6 (1963). p. 7-10.

Yeh, Anthony Gar-On; Chow, Man Hong - *An integrated GIS and location-allocation approach to public facilities planning - an example of open space planning*. Computation, Environment and Urban Systems. 20:4/5 (1996). p. 339-350.

Zanten, Agnès van; Obin, Jean-Pierre - *La carte scolaire*. Paris: P.U.F, 2008. p.

ANEXO I

**Ficheiros *Mosel* desenvolvidos no XPRESS-IVE dos problemas de
optimização do SEADPRE**

Módulo 1 do SEADPRE

```

model 'Módulo 1 - Afecção de alunos a escolas existentes'
uses "mmxprs";
uses "mmodbc";

SQLconnect('data.mdb')

declarations
origens:set of integer
destinos:set of integer
Dmax:=SQLreadinteger("select Dmax from parametros")
Distancia: array (origens,destinos) of real
end-declarations

setparam("SQL.debug", true)
SQLexecute("select OriginID,destinationID,Total_Shape_Length from matrizOD order by OriginID,destinationID", Distancia)
finalize(origens)
finalize(destinos)

declarations
Xorigem:array(origens)of real
Yorigem:array(origens)of real
Xdestino:array(destinos)of real
Ydestino:array(destinos)of real
procura: array(origens) of integer
Atrib: array(origens,destinos) of mpvar
CapE:array(destinos) of integer
tipo_origem: array(origens)of integer
tipo_destino: array(destinos)of integer
end-declarations

setparam("SQL.verbose", true)
setparam("SQL.ndxcol", 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", [CapE])
SQLexecute("select type from demand order by OBJECTID", [tipo_origem])
SQLexecute("select type from supply order by OBJECTID", [tipo_destino])

forall(i in origins,j in destinos|Distancia(i,j)>Dmax) Atrib(i,j)= 0
Distancia_agregada:= (sum(i in origins)sum(j in destinos|<>i)Distancia(i,j)*procura(i)*Atrib(i,j))/1000
forall(i in origins)sum(j in destinos) Atrib(i,j)= 1
forall(j in destinos) sum (i in origins)procura(i)*Atrib(i,j)<=CapE(j)
forall(i in origins,j in destinos|tipo_origem(i)>tipo_destino(j))Atrib(i,j)=0
forall(i in origins,j in destinos|tipo_origem(i)<2)Atrib(i,j)is_binary

minimize(Distancia_agregada)

Distancia_agregadaT:=(sum(i in origins)sum(j in destinos|<>i)Distancia(i,j)*procura(i)*Atrib(i,j))/1000
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) atribuiçoes(i,j):= getsol(Atrib(i,j))
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) DistanciaT(i,j):= getsol(Distancia(i,j))/1000
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordXO(i):= Xorigem(i)
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordYO(i):= Yorigem(i)
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordXD(j):= Xdestino(j)
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordYD(j):= Ydestino(j)
forall(j in destinos)CapInst(j):=sum(i in origins)getsol(Atrib(i,j))*procura(i)
forall(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01)Dist(i,j):=Distancia(i,j)
DA_alunos_transportados:=sum(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>0 and
getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i)*Atrib(i,j)*(Distancia(i,j)/1000)
alunos_transportados:=sum(i in origins, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>0 and getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i)

SQLexecute("delete from alocaoes")
SQLexecute("insert into alocaoes (origem,destino,atribuicao,distancia) values (?,?,?,?,?)",[atribuiçoes,DistanciaT])
SQLupdate("select origem,Xdemand from alocaoes order by origem", CoordXO)
SQLupdate("select origem,Ydemand from alocaoes order by origem", CoordYO)
SQLupdate("select destino,Xsupply from alocaoes order by origem", CoordXD)
SQLupdate("select destino,Ysupply from alocaoes order by destino", CoordYD)
SQLexecute("delete from capacidades")

```

```
SQLexecute("insert into capacidades (destino,CapE,CapInst) values (?,?,"), [CapE,CapInst])
SQLdisconnect
```

```
declarations
status: string
end-declarations
case getprobat of
XPRS_OPT: status:="Solução ótima encontrada"
XPRS_UNF: status:="Não terminado"
XPRS_INF: status:="Impossível"
XPRS_UNB: status:="Sem limites"
XPRS_OTH: status:="Falhou"
else status:="???"
end-case
```

```
fopen("result1.csv", F_OUTPUT)
soma1:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<1500)Atrib(i,j)))
soma2:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<4000)Atrib(i,j))-sum(i in origens)sum(j
in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<1500)Atrib(i,j)))
soma3:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<8000)Atrib(i,j))-sum(i in origens)sum(j
in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<4000)Atrib(i,j)))
soma4:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<12000)Atrib(i,j))-sum(i in
origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<8000)Atrib(i,j)))
soma5:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<20000)Atrib(i,j))-sum(i in
origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<12000)Atrib(i,j)))
soma6:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))>20000)Atrib(i,j)))
soma:=round(getsol(soma1+soma2+soma3+soma4+soma5+soma6))
writeln("intervalo,freguesias")
writeln("<1.5,", getsol(soma1))
writeln("1.5-4,", getsol(soma2))
writeln("4-8,", getsol(soma3))
writeln("8-12,", getsol(soma4))
writeln("12-20,", getsol(soma5))
writeln(">20,", getsol(soma6))
fclose(F_OUTPUT)

fopen("solucao.dat", F_OUTPUT)
writeln("Resultado:",status)
writeln("Distância Agregada(DA): ",getsol(Distancia_agregada)," km")
writeln("Alunos Transportados: ",getsol(alunos_transportados))
writeln("DA (alunos transportados): ",getsol(DA_alunos_transportados)," km")
fclose(F_OUTPUT)

end-model
```

Módulo 2 do SEADPRE

```

model 'modelo intermunicipal - 1 Nivel'
uses "mmxprs";
uses "mmodbc";
SQLconnect('data.mdb')
declarations
origens: set of integer
destinos: set of integer
MinAIE=SQLreadinteger("select MinAIE from parametros")
MinAIN=SQLreadinteger("select MinAIN from parametros")
MaxAI=SQLreadinteger("select MaxAI from parametros")
Dmax=SQLreadinteger("select Dmax from parametros")
MaxN=SQLreadinteger("select MaxN from parametros")
Fechos=SQLreadinteger("select Fechos from parametros")
MaxModN=SQLreadinteger("select MaxModN from parametros")
MinModulos=SQLreadinteger("select MinMod from parametros")
RCap=0.9
Distancia: array (origens,destinos) of real
end-declarations
setparam("SQLdebug", true)
SQLexecute("select OriginID, DestinationID, Total_Shape_Length from matrizOD order by OriginID, DestinationID", Distancia)
finalize(origens)
finalize(destinos)
declarations
Xorigem: array(origens) of real
Yorigem: array(origens) of real
Xdestino: array(destinos) of real
Ydestino: array(destinos) of real
procura: array(origens) of integer
tipo_origem: array(origens) of integer
tipo_destino: array(destinos) of integer
Modulos: array (destinos) of integer
ExisteE: array(destinos) of mpvar
ExisteN: array(destinos) of mpvar
Atrib: array(origens,destinos) of mpvar
CapE: array(destinos) of mpvar
CapN: array(destinos) of mpvar
ModE: array (destinos) of mpvar
ModN: array(destinos) of mpvar
end-declarations
setparam("SQLverbose", true)
setparam("SQLndxcoll", 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])
forall(i in origins, j in destinos | Distancia(i,j) > Dmax) Atrib(i,j) = 0
Distancia_agregada := (sum(i in origins) sum(j in destinos | <> i) Distancia(i,j) * procura(i) * Atrib(i,j)) / 1000
forall(i in origins) sum(j in destinos) Atrib(i,j) = 1
forall(i in origins, j in destinos) Atrib(i,j) <= (ExisteE(j) + ExisteN(j))
forall(i in origins, j in destinos) sum(k in destinos | Distancia(i,k) <= Distancia(i,j)) Atrib(i,k) >= ExisteE(j)
forall(i in origins, j in destinos) sum(k in destinos | Distancia(i,k) <= Distancia(i,j)) Atrib(i,k) >= ExisteN(j)
forall(j in destinos) ModE(j) <= ExisteE(j) * Modulos(j)
forall(j in destinos) ModE(j) >= ExisteE(j) * MinModulos
forall(j in destinos) ModN(j) <= ExisteN(j) * MaxModN
forall(j in destinos) ModN(j) >= ExisteN(j) * MinModulos
forall(j in destinos) CapE(j) + CapN(j) = sum(i in origins) Atrib(i,j) * procura(i)
forall(j in destinos) CapE(j) >= ModE(j) * MinAIE
forall(j in destinos) CapE(j) <= ModE(j) * MaxAI
forall(j in destinos) CapN(j) >= ModN(j) * MinAIN
forall(j in destinos) CapN(j) <= ModN(j) * MaxAI
forall(j in destinos) CapE(j) >= Modulos(j) * ExisteN(j) * RCap * MaxAI
sum(j in destinos) ModN(j) <= MaxN
sum(j in destinos) ModE(j) >= sum(j in destinos) Modulos(j) - Fechos
forall(i in origins, j in destinos | tipo_origem(i) > tipo_destino(j)) Atrib(i,j) = 0
forall(i in origins, j in destinos) Atrib(i,j) is_binary
forall(j in destinos) ExisteE(j) is_binary

```

```

forall(j in destinos)ExisteN(j) is_binary
forall (j in destinos) ModE(j) is_integer
forall (j in destinos) ModN(j) is_integer
forall (j in destinos) CapE(j) is_integer
forall (j in destinos) CapN(j) is_integer

minimize(Distancia_agregada)

declarations
Situacao: array(destinos)of string
end-declarations

Distancia_agregada:=(sum(i in origens)sum(j in destinos|j<>i)Distancia(i,j)*procura(i)*Atrib(i,j))/1000
ModulosNovos:=sum(j in destinos)getsol(ModN(j))
ModulosEncerrados:=sum(j in destinos)Modulos(j)-sum(j in destinos)getsol(ModE(j))
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01)Dist(i,j):=Distancia(i,j)
DA_alunos_transportados:=sum(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>0 and
getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i)*Atrib(i,j)*(Distancia(i,j)/1000)
alunos_transportados:=sum(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>0 and getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i)
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) atribuicoes(i,j):= getsol(Atrib(i,j))
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) DistanciaT(i,j):= getsol(Distancia(i,j))
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordXO(i):= Xorigem(i)
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordYO(i):= Yorigem(i)
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordXD(j):= Xdestino(j)
forall(i in origens, j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01) CoordYD(j):= Ydestino(j)
forall(j in destinos) Existe_escola(j):=round(getsol(ExisteE(j)))
forall(j in destinos) Existe_escolaN(j):=round(getsol(ExisteN(j)))
forall(j in destinos) CapacidadeE(j):= getsol(CapE(j))
forall(j in destinos) CapacidadeN(j):= getsol(CapN(j))
forall(j in destinos) NSalas(j):= getsol(ModN(j))
forall(j in destinos) ESalas(j):= getsol(ModE(j))
forall(j in destinos|Modulos(j)>=1 and Existe_escolaN(j)=0 and getsol(ModE(j))=Modulos(j))Situacao(j):='manutenção'
forall(j in destinos|Existe_escola(j)=0 and Modulos(j)>=1)Situacao(j):= 'encerramento'
forall(j in destinos|Modulos(j)=0 and Existe_escolaN(j)=1)Situacao(j):= 'abertura'
forall(j in destinos|Existe_escola(j)=1 and getsol(ModE(j))<Modulos(j))Situacao(j):='redução'
forall(j in destinos|Existe_escola(j)=1 and Existe_escolaN(j)=1)Situacao(j):='ampliação'

SQLexecute("delete from alocaoes")
SQLexecute("insert into alocaoes (origem,destino,atribuicao,distancia) values (?,?,?,?,?)", [atribuicoes,DistanciaT])
SQLupdate("select origem,Xdemand from alocaoes order by origem", CoordXO)
SQLupdate("select origem,Ydemand from alocaoes order by origem", CoordYO)
SQLupdate("select destino,Xsupply from alocaoes order by destino", CoordXD)
SQLupdate("select destino,Ysupply from alocaoes order by destino", CoordYD)
SQLexecute("delete from capacidades")
SQLexecute("insert into capacidades (ID,EscolaE,TipoE,CapE,EscolaN,TipoN,CapN,situation) values
(?,?,?,?,?,?,?)", [Existe_escola,ESalas,CapacidadeE,Existe_escolaN,NSalas,CapacidadeN,Situacao])

declarations
status: string
end-declarations
case getprobat of
XPRS_OPT: status:="Solução óptima encontrada"
XPRS_UNF: status:="Não terminado"
XPRS_INF: status:="Impossível"
XPRS_UNB: status:="Sem limites"
XPRS_OTH: status:="Falhou"
else status:="???"
end-case

fopen("analise_resultados.csv", F_OUTPUT+F_APPEND)
writeln(status, ",", getsol(Distancia_agregada), ",", getsol(ModulosEncerrados), ",", getsol(ModulosNovos), ",", Fechos, ",", MaxN)
fclose(F_OUTPUT)

fopen("ultima_solucão.dat", F_OUTPUT)
writeln("Máximo de Módulos a Encerrar: ", Fechos)
writeln("Máximo de Módulos a Abrir: ", MaxN)
writeln("")
writeln("Resultado: ", status)
writeln("Distancia Agregada(DA): ", getsol(Distancia_agregada), " km")
writeln("Módulos Encerrados: ", getsol(ModulosEncerrados))
writeln("Módulos Novos: ", getsol(ModulosNovos))
writeln("Alunos transportados: ", getsol(alunos_transportados))
writeln("DA alunos transportados: ", getsol(DA_alunos_transportados), " km")

```

```

fclose(F_OUTPUT)
SQLdisconnect

fopen("result1.csv", F_OUTPUT)
soma1:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<1500)Atrib(i,j)))
soma2:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<4000)Atrib(i,j))-sum(i in origens)sum(j
in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<1500)Atrib(i,j)))
soma3:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<8000)Atrib(i,j))-sum(i in origens)sum(j
in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<4000)Atrib(i,j)))
soma4:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<12000)Atrib(i,j))-sum(i in
origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<8000)Atrib(i,j)))
soma5:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<20000)Atrib(i,j))-sum(i in
origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))<12000)Atrib(i,j)))
soma6:=round(getsol(sum(i in origens)sum(j in destinos|getsol(Atrib(i,j))>=0.01 and getsol(Dist(i,j))>20000)Atrib(i,j)))
soma:=round(getsol(soma1+soma2+soma3+soma4+soma5+soma6))
writeln("intervalo,freguesias")
writeln("<1.5,", getsol(soma1))
writeln("1.5-4,", getsol(soma2))
writeln("4-8,", getsol(soma3))
writeln("8-12,", getsol(soma4))
writeln("12-20,", getsol(soma5))
writeln(">20,", getsol(soma6))
fclose(F_OUTPUT)

end-model

```

Módulo 3 do SEADPRE

```

model 'modelo intermunicipal - 2 Niveis'
uses "mmxprs";
uses "mmodbc";

SQLconnect('data.mdb')

declarations
  origens:set of integer
  destinos: set of integer
  Nivel:set of integer
  MinAIE:array(Nivel)of integer
  MinAIN:array(Nivel)of integer
  MaxAI:array(Nivel)of integer
  Dmax: array(Nivel)of integer
  MaxN:array(Nivel)of integer
  Fechos:array(Nivel)of integer
  MaxModN:array(Nivel)of integer
  MinModulos:array(Nivel)of integer
  RCap=0.9
  Distancia: array (origens,destinos) of real
end-declarations

setparam("SQLdebug", true)! Enable ODBC message printing in case of error
SQLexecute("select OriginID, DestinationID, Total_Shape_Length from matrizOD order by OriginID, DestinationID", Distancia)
SQLexecute("select Nivel, MinAIE, MinAIN, MaxAI, Dmax, MaxN, Fechos, MaxModN, MinMod from parametros order by Nivel", [MinAIE,
MinAIN, MaxAI, Dmax, MaxN, Fechos, MaxModN, MinModulos])
finalize(origens)
finalize(destinos)
finalize(Nivel)

declarations
  Xorigem:array(origens)of real
  Yorigem:array(origens)of real
  Xdestino:array(destinos)of real
  Ydestino:array(destinos)of real
  procura: array(origens,Nivel) of integer
  tipo_origem: array(origens)of integer
  tipo_destino: array(destinos)of integer
  Modulos:array (destinos,Nivel)of integer
  ExisteE: array(destinos,Nivel) of mpvar
  ExisteN: array(destinos,Nivel) of mpvar
  Atrib: array(origens,destinos,Nivel) of mpvar
  CapE:array(destinos,Nivel) of mpvar
  CapN:array(destinos,Nivel) of mpvar
  ModE:array (destinos,Nivel)of mpvar
  ModN:array(destinos,Nivel)of mpvar
end-declarations

setparam("SQLverbose", true)
setparam("SQLndxcol", 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,demand2 from demand order by OBJECTID", [procura])
SQLexecute("select supply,Supply2 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])

forall(i in origens, j in destinos, n in Nivel| Distancia(i,j)>Dmax(n)) Atrib(i,j,n)= 0
Distancia_agregada:= (sum(i in origens)sum(j in destinos)sum(n in Nivel|<>i)Distancia(i,j)*procura(i,n)*Atrib(i,j,n))/1000
forall(i in origens, n in Nivel)sum(j in destinos) Atrib(i,j,n)= 1
forall(i in origens, j in destinos, n in Nivel) Atrib(i,j,n)<=(ExisteE(j,n)+ExisteN(j,n))
forall(i in origens, j in destinos, n in Nivel)sum(k in destinos|Distancia(i,k)<=Distancia(i,j))Atrib(i,k,n)>=ExisteE(j,n)
forall(i in origens, j in destinos, n in Nivel)sum(k in destinos|Distancia(i,k)<=Distancia(i,j))Atrib(i,k,n)>= ExisteN(j,n)
forall (j in destinos, n in Nivel) ModE(j,n)<=ExisteE(j,n)*Modulos(j,n)
forall (j in destinos, n in Nivel) ModE(j,n)>=ExisteE(j,n)*MinModulos(n)
forall (j in destinos, n in Nivel) ModN(j,n)<=ExisteN(j,n)*MaxModN(n)
forall (j in destinos, n in Nivel) ModN(j,n)>=ExisteN(j,n)*MinModulos(n)

```



```

forall (j in destinos, n in Nivel) CapE(j,n)+CapN(j,n)=sum(i in origens) Atrib(i,j,n)*procura(i,n)
forall (j in destinos, n in Nivel) CapE(j,n)>=ModE(j,n)*MinAlE(n)
forall (j in destinos, n in Nivel) CapE(j,n)<=ModE(j,n)*MaxAl(n)
forall (j in destinos, n in Nivel) CapN(j,n)>=ModN(j,n)*MinAlN(n)
forall (j in destinos, n in Nivel) CapN(j,n)<=ModN(j,n)*MaxAl(n)
forall (j in destinos, n in Nivel) CapE(j,n)>= Modulos(j,n)*ExisteN(j,n)*MaxAl(n)*RCap
forall (j in destinos,n,t in Nivel|n>t) ExisteN(j,n)<=ExisteE(j,t)+ExisteN(j,t)+ExisteE(j,n)
forall (n in Nivel) sum(j in destinos) ModN(j,n)<= MaxN(n)
forall (n in Nivel) sum(j in destinos) ModE(j,n)>=sum(j in destinos) Modulos(j,n)-Fechos(n)
forall(i in origens, j in destinos, n in Nivel|tipo_origem(i)>tipo_destino(j)) Atrib(i,j,n)=0
forall(i in origens, j in destinos,n in Nivel) Atrib(i,j,n)is_binary
forall(j in destinos,n in Nivel) ExisteE(j,n) is_binary
forall(j in destinos,n in Nivel) ExisteN(j,n) is_binary
forall (j in destinos,n in Nivel) ModE(j,n) is_integer
forall (j in destinos,n in Nivel) ModN(j,n) is_integer
forall (j in destinos,n in Nivel) CapE(j,n) is_integer
forall (j in destinos,n in Nivel) CapN(j,n) is_integer

minimize(Distancia_agregada)

declarations
  Situacao: array(destinos)of string
  Situacao23CEB: array(destinos) of string
end-declarations

Distancia_agregada1CEB:=sum(i in origens)sum(j in destinos)sum(n =1|j<>i)Distancia(i,j)*procura(i,n)*Atrib(i,j,n))/1000
Distancia_agregada23CEB:=sum(i in origens)sum(j in destinos)sum(n =2|j<>i)Distancia(i,j)*procura(i,n)*Atrib(i,j,n))/1000
ModulosNovos1CEB:=sum(j in destinos,n=1)getsol(ModN(j,n))
ModulosNovos23CEB:=sum(j in destinos,n=2)getsol(ModN(j,n))
ModulosEncerrados1CEB:=sum(j in destinos,n=1)Modulos(j,n)-sum(j in destinos,n=1)getsol(ModE(j,n))
ModulosEncerrados23CEB:=sum(j in destinos,n=2)Modulos(j,n)-sum(j in destinos,n=2)getsol(ModE(j,n))
forall(n=1)MaximoModulos1CEB:=MaxN(n)
forall(n=2)MaximoModulos23CEB:=MaxN(n)
forall(n=1)Fechos1CEB:=Fechos(n)
forall(n=2)Fechos23CEB:=Fechos(n)
forall(i in origens, j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) atribuicoes(i,j):= getsol(Atrib(i,j,n))
forall(i in origens, j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) DistanciaT(i,j):= getsol(Distancia(i,j))
forall(i in origens, j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordXO(i):= Xorigem(i)
forall(i in origens, j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordYO(i):= Yorigem(i)
forall(i in origens, j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordXD(j):= Xdestino(j)
forall(i in origens, j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordYD(j):= Ydestino(j)
forall(j in destinos, n=1) Existe_escola(j):=round(getsol(ExisteE(j,n)))
forall(j in destinos, n=1) Existe_escolaN(j):=round(getsol(ExisteN(j,n)))
forall(j in destinos,n=1) CapacidadeE(j):= getsol(CapE(j,n))
forall(j in destinos,n=1) CapacidadeN(j):= getsol(CapN(j,n))
forall(j in destinos,n=1) NSalas(j):= getsol(ModN(j,n))
forall(j in destinos,n=1) ESalas(j):= getsol(ModE(j,n))
forall(j in destinos,n=1|Modulos(j,n)>=1 and Existe_escolaN(j)=0 and getsol(ModE(j,n))=Modulos(j,n))Situacao(j):='manutenção'
forall(j in destinos,n=1|Existe_escola(j)=0 and Modulos(j,n)>=1)Situacao(j):='encerramento'
forall(j in destinos,n=1|Modulos(j,n)=0 and Existe_escolaN(j)=1)Situacao(j):='abertura'
forall(j in destinos,n=1|Existe_escola(j)=1 and getsol(ModE(j,n))<Modulos(j,n))Situacao(j):='redução'
forall(j in destinos,n=1|Existe_escola(j)=1 and Existe_escolaN(j)=1)Situacao(j):='ampliação'
forall(i in origens, j in destinos,n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) atribuicoes23CEB(i,j):= getsol(Atrib(i,j,n))
forall(i in origens, j in destinos,n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) DistanciaT23CEB(i,j):= getsol(Distancia(i,j))
forall(i in origens, j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordXO2(i):= Xorigem(i)
forall(i in origens, j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordYO2(i):= Yorigem(i)
forall(i in origens, j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordXD2(j):= Xdestino(j)
forall(i in origens, j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>=0.01) CoordYD2(j):= Ydestino(j)
forall(j in destinos,n=2) Existe_escola23CEB(j):= getsol(ExisteE(j,n))
forall(j in destinos,n=2) Existe_escolaN23CEB(j):= getsol(ExisteN(j,n))
forall(j in destinos,n=2) CapacidadeE23CEB(j):= getsol(CapE(j,n))
forall(j in destinos,n=2) CapacidadeN23CEB(j):= getsol(CapN(j,n))
forall(j in destinos,n=2) NSalas23CEB(j):= getsol(ModN(j,n))
forall(j in destinos,n=2) ESalas23CEB(j):= getsol(ModE(j,n))
forall(j in destinos,n=2|Modulos(j,n)>=1 and Existe_escolaN23CEB(j)=0 and getsol(ModE(j,n))=Modulos(j,n))Situacao23CEB(j):='manutenção'
forall(j in destinos,n=2|Existe_escola23CEB(j)=0 and Modulos(j,n)>=1)Situacao23CEB(j):='encerramento'
forall(j in destinos,n=2|Modulos(j,n)=0 and Existe_escolaN23CEB(j)=1)Situacao23CEB(j):='abertura'
forall(j in destinos,n=2|Existe_escola23CEB(j)=1 and getsol(ModE(j,n))<Modulos(j,n))Situacao23CEB(j):='redução'
forall(j in destinos,n=2|Existe_escola23CEB(j)=1 and Existe_escolaN23CEB(j)=1)Situacao23CEB(j):='ampliação'

DA_alunos_transportados1:=sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>0 and getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i,n)*Atrib(i,j,n)*(Distancia(i,j)/1000)

```

```

alunos_transportados1:=sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))>0 and getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i,n)
DA_alunos_transportados2:=sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>0 and
getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i,n)*Atrib(i,j,n)*(Distancia(i,j)/1000)
alunos_transportados2:=sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))>0 and getsol(Distancia(i,j))>4000)procura(i,n)

SQLexecute("delete from alocacoes1")
SQLexecute("insert into alocacoes1 (origem,destino,atribuicao,distancia) values (?,?,?), [atribuicoes,DistanciaT]")
SQLupdate("select origem,Xdemand from alocacoes1 order by origem", CoordXO)
SQLupdate("select origem,Ydemand from alocacoes1 order by origem", CoordYO)
SQLupdate("select destino,Xsupply from alocacoes1 order by origem", CoordXD)
SQLupdate("select destino,Ysupply from alocacoes1 order by destino", CoordYD)
SQLexecute("delete from capacidades1")
SQLexecute("insert into capacidades1 (dtccfr,EscolaE,TipoE,CapE,EscolaN,TipoN,CapN,situation) values
(?,?,?,?,?,?,?), [Existe_escola,ESalas,CapacidadeE,Existe_escolaN,NSalas,CapacidadeN,Situacao])
SQLexecute("delete from alocacoes2")
SQLexecute("insert into alocacoes2 (origem,destino,atribuicao,distancia) values (?,?,?), [atribuicoes23CEB,DistanciaT23CEB]")
SQLupdate("select origem,Xdemand from alocacoes2 order by origem", CoordXO2)
SQLupdate("select origem,Ydemand from alocacoes2 order by origem", CoordYO2)
SQLupdate("select destino,Xsupply from alocacoes2 order by origem", CoordXD2)
SQLupdate("select destino,Ysupply from alocacoes2 order by destino", CoordYD2)
SQLexecute("delete from capacidades2")
SQLexecute("insert into capacidades2 (dtccfr,EscolaE,TipoE,CapE,EscolaN,TipoN,CapN,situation) values
(?,?,?,?,?,?,?), [Existe_escola23CEB,ESalas23CEB,CapacidadeE23CEB,Existe_escolaN23CEB,NSalas23CEB,CapacidadeN23CEB,Situacao23CEB]")
SQLdisconnect

declarations
status: string
end-declarations
case getprobat of
XPRS_OPT: status:="Solução ótima encontrada"
XPRS_UNF: status:="Não terminado"
XPRS_INF: status:="Impossível"
XPRS_UNB: status:="Sem limites"
XPRS_OTH: status:="Falhou"
else status:="???"
end-case

fopen("resultados.csv", F_OUTPUT+F_APPEND)
writeln(MaximoModulos1CEB," ",Fechos1CEB," ",getsol(ModulosNovos1CEB)," ",getsol(ModulosEncerrados1CEB)," ",getsol(Distancia_
agregada1CEB)," ",MaximoModulos23CEB," ",Fechos23CEB," ",getsol(ModulosNovos23CEB)," ",getsol(ModulosEncerrados23CEB)," ",g
etsol(Distancia_agregada23CEB)," ",getsol(Distancia_agregada)," ",status)
fclose(F_OUTPUT)

fopen("ultima_solucao.dat", F_OUTPUT)
writeln("Resultado: ", status)
writeln("Distancia Agregada Total (DA): ", getsol(Distancia_agregada)," km")
writeln("Nivel 1")
writeln("DA: ", getsol(Distancia_agregada1CEB)," km")
writeln("Módulos Encerrados: ", getsol(ModulosEncerrados1CEB))
writeln("Módulos Novos: ", getsol(ModulosNovos1CEB))
writeln("Alunos transportados: ", getsol(alunos_transportados1))
writeln("DA alunos transportados: ", getsol(DA_alunos_transportados1)," km")
writeln("Nivel 2")
writeln("DA: ", getsol(Distancia_agregada23CEB)," km")
writeln("Módulos Encerrados: ", getsol(ModulosEncerrados23CEB))
writeln("Módulos Novos: ", getsol(ModulosNovos23CEB))
writeln("Alunos transportados: ", getsol(alunos_transportados2))
writeln("DA alunos transportados: ", getsol(DA_alunos_transportados2)," km")
fclose(F_OUTPUT)

fopen("result1.csv", F_OUTPUT)
soma1:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<1500)Atrib(i,j,n)))
soma2:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<4000)Atrib(i,j,n)-sum(i in
origens)sum(j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<1500)Atrib(i,j,n)))
soma3:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<8000)Atrib(i,j,n)-sum(i in
origens)sum(j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<4000)Atrib(i,j,n)))
soma4:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<12000)Atrib(i,j,n)-sum(i in
origens)sum(j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<8000)Atrib(i,j,n)))
soma5:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<20000)Atrib(i,j,n)-sum(i in
origens)sum(j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<12000)Atrib(i,j,n)))
soma6:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=1|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))>20000)Atrib(i,j,n)))
soma1CEB:=round(getsol(soma1+soma2+soma3+soma4+soma5+soma6))

```

```

soma11:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<1500)Atrib(i,j,n)))
soma22:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<4000)Atrib(i,j,n)-sum(i in origens,j
in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<1500)Atrib(i,j,n)))
soma33:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<8000)Atrib(i,j,n)-sum(i in origens,j
in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<4000)Atrib(i,j,n)))
soma44:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<12000)Atrib(i,j,n)-sum(i in
origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<8000)Atrib(i,j,n)))
soma55:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<20000)Atrib(i,j,n)-sum(i in
origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))<12000)Atrib(i,j,n)))
soma66:=round(getsol(sum(i in origens,j in destinos, n=2|getsol(Atrib(i,j,n))=1 and getsol(Distancia(i,j))>20000)Atrib(i,j,n)))
soma23CEB:=round(getsol(soma11+soma22+soma33+soma44+soma55+soma66))

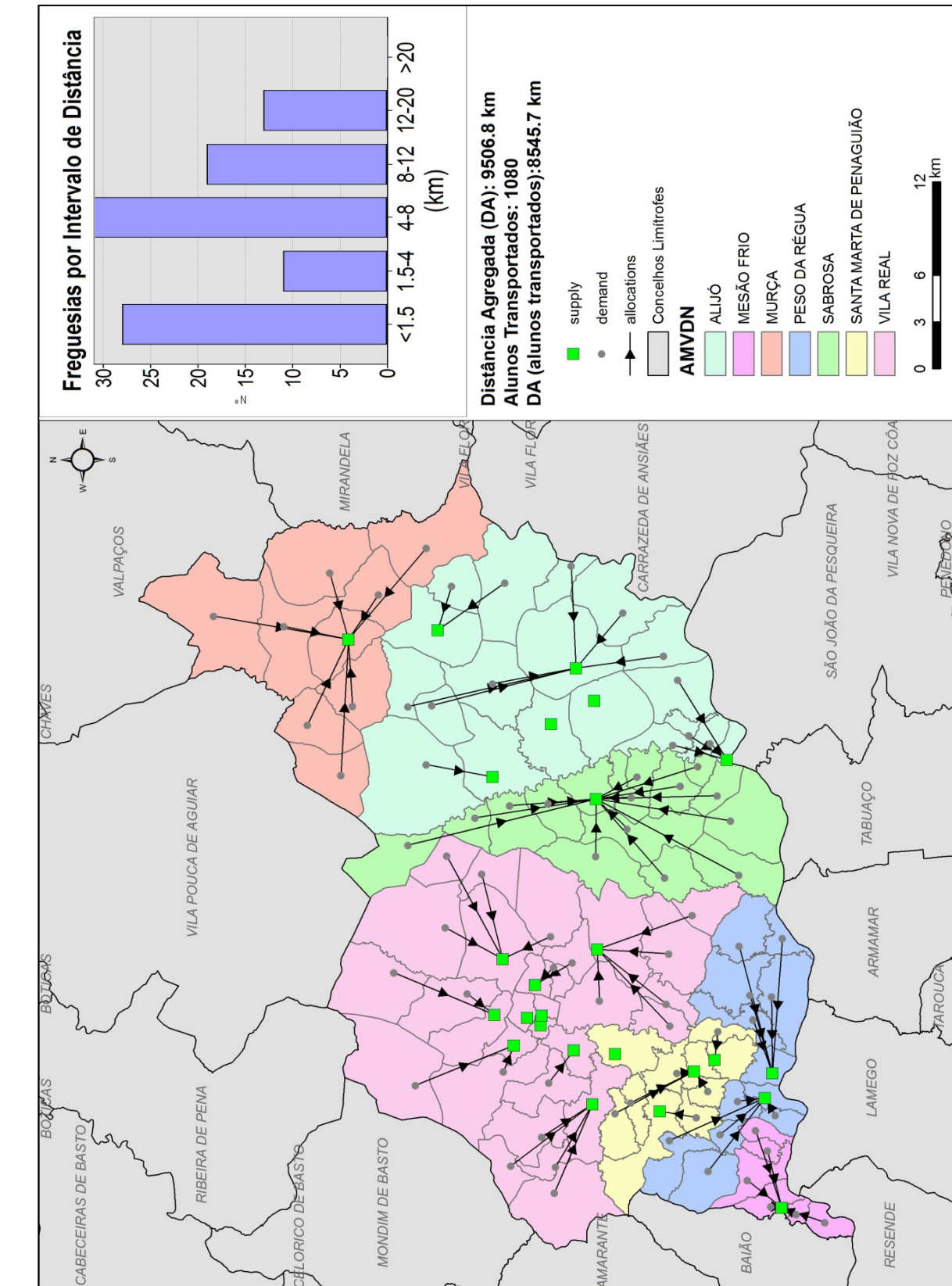
writeln("intervalo,freguesias1,freguesias2")
writeln("<1.5", getsol(soma1), ", ", getsol(soma11))
writeln("1.5-4", getsol(soma2), ", ", getsol(soma22))
writeln("4-8", getsol(soma3), ", ", getsol(soma33))
writeln("8-12", getsol(soma4), ", ", getsol(soma44))
writeln("12-20", getsol(soma5), ", ", getsol(soma55))
writeln(">20", getsol(soma6), ", ", getsol(soma66))
fclose(F_OUTPUT)

end-model

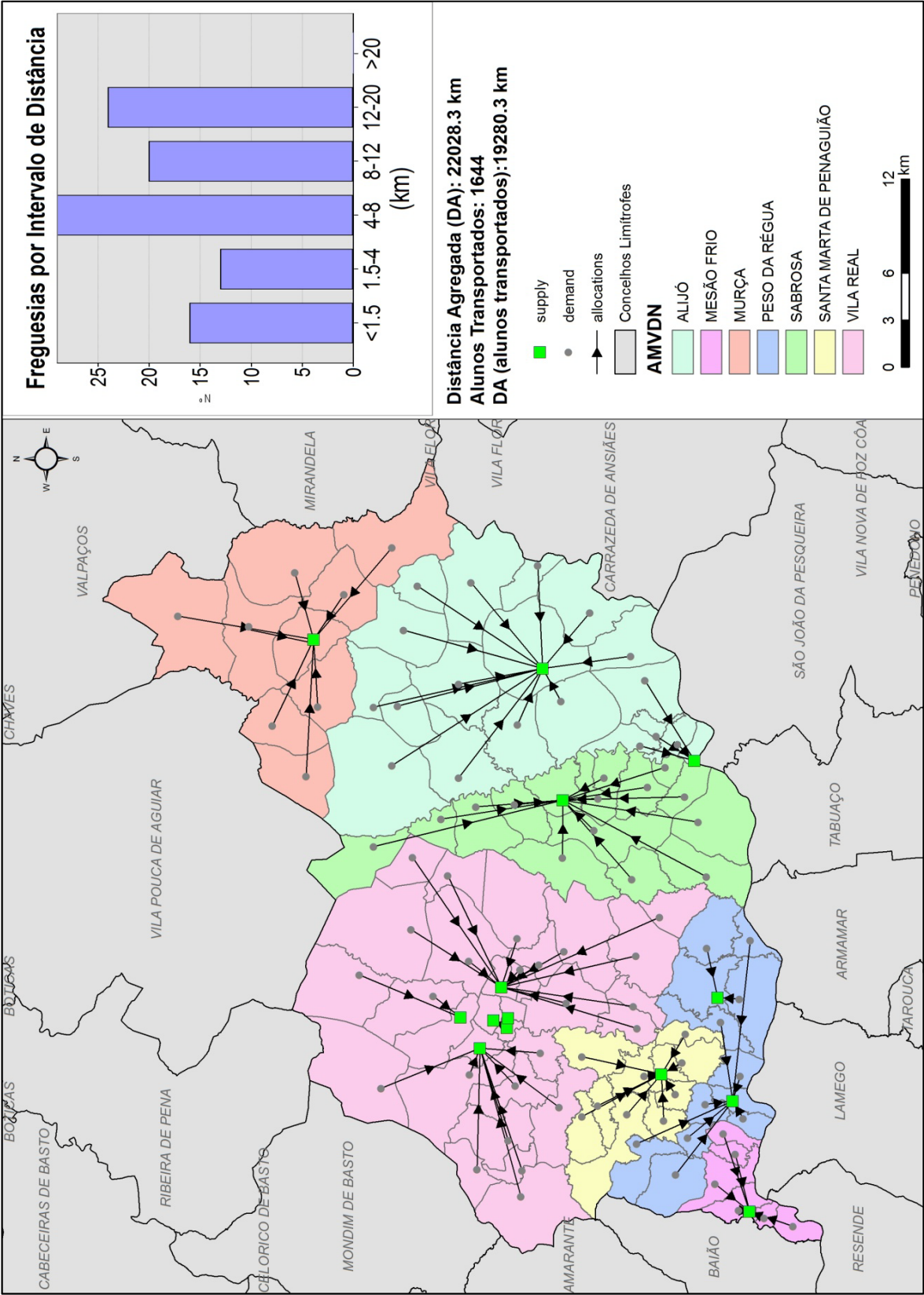
```


ANEXO II

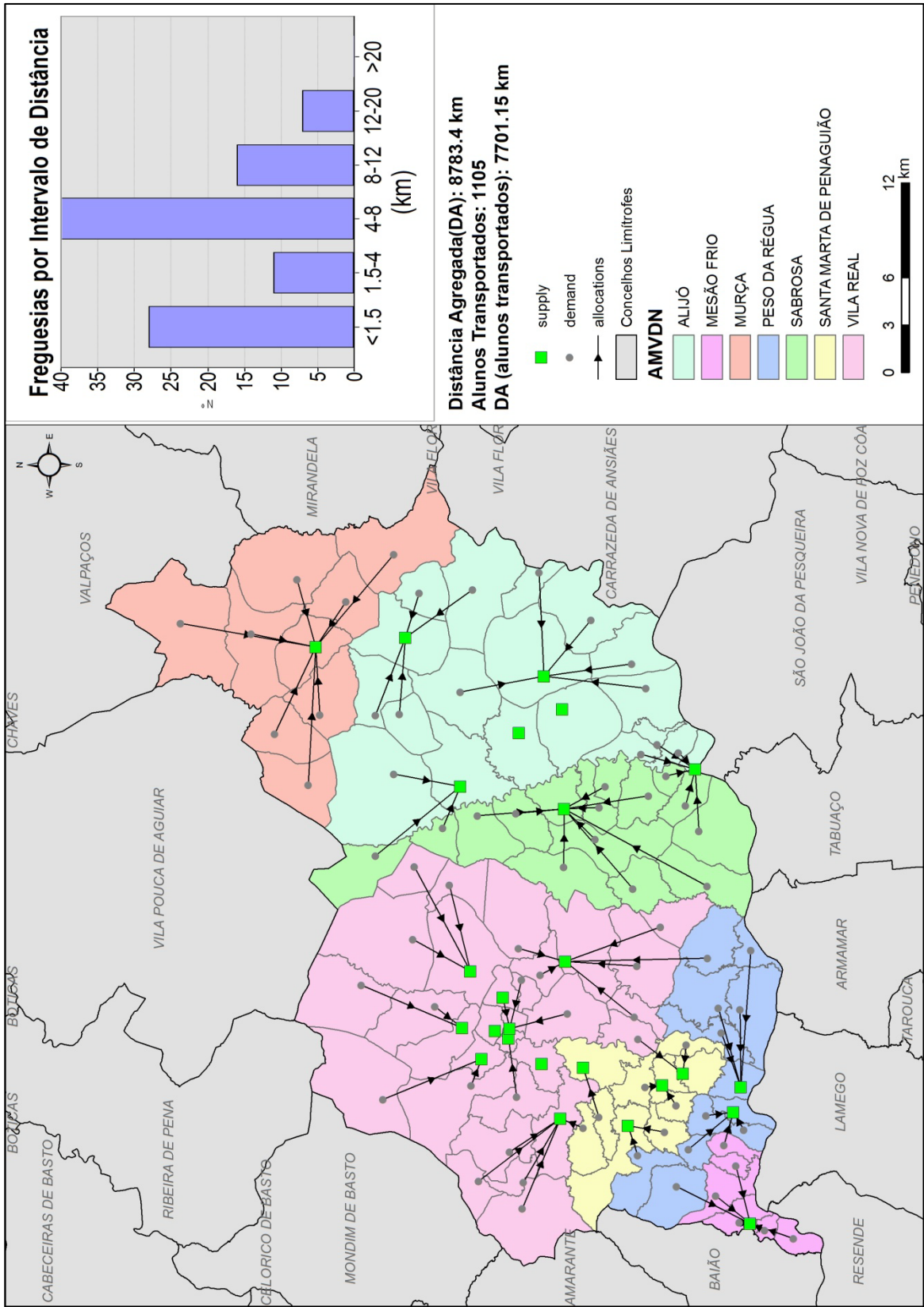
**Cenários de Reordenamento propostos pelos módulos do SEADPRE para a
Rede Escolar do Ensino Básico da AMVDN**



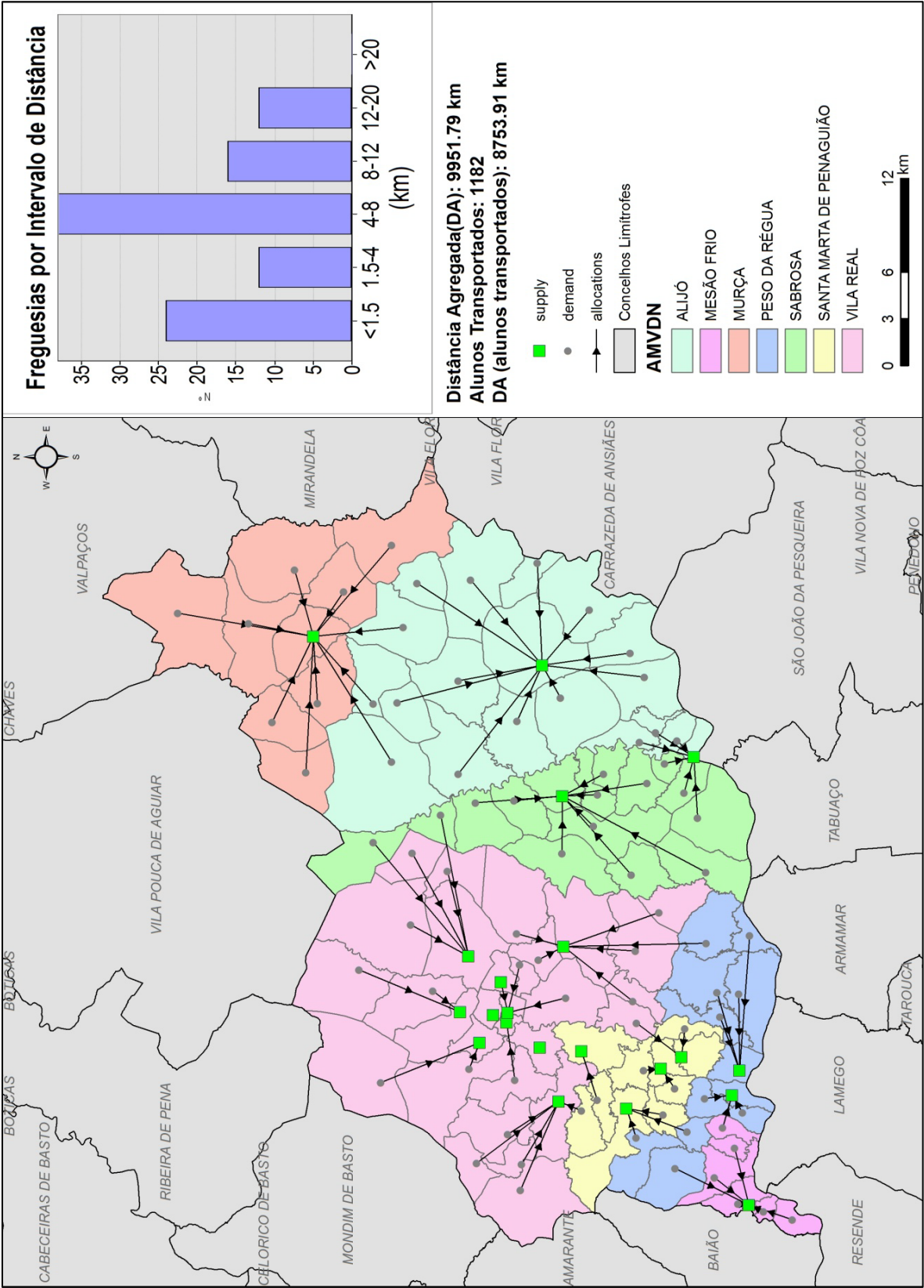
Cenário de Base para o 2º e 3º CEB (Cartas Educativas)

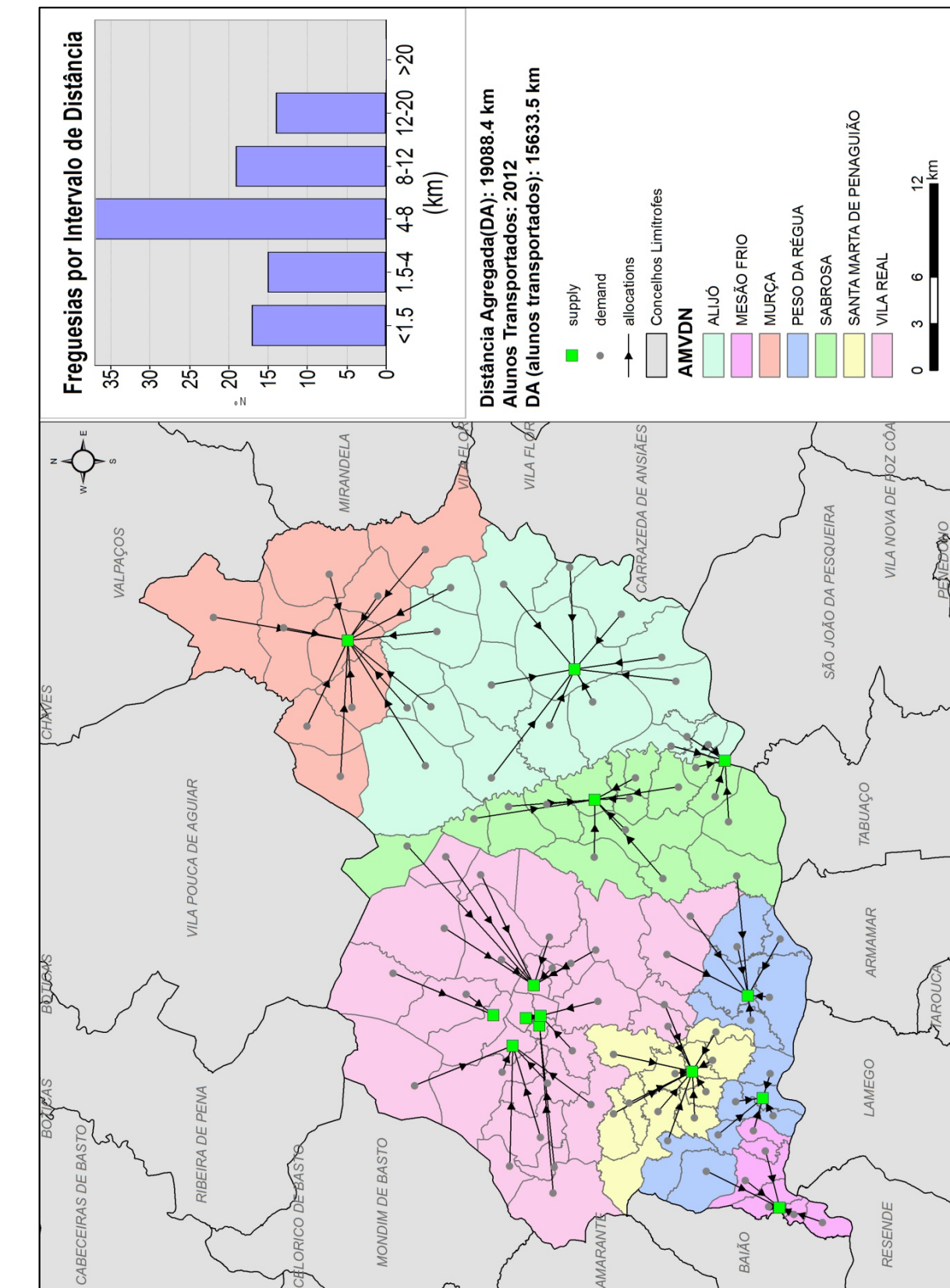


Módulo 1 – Cenário 1

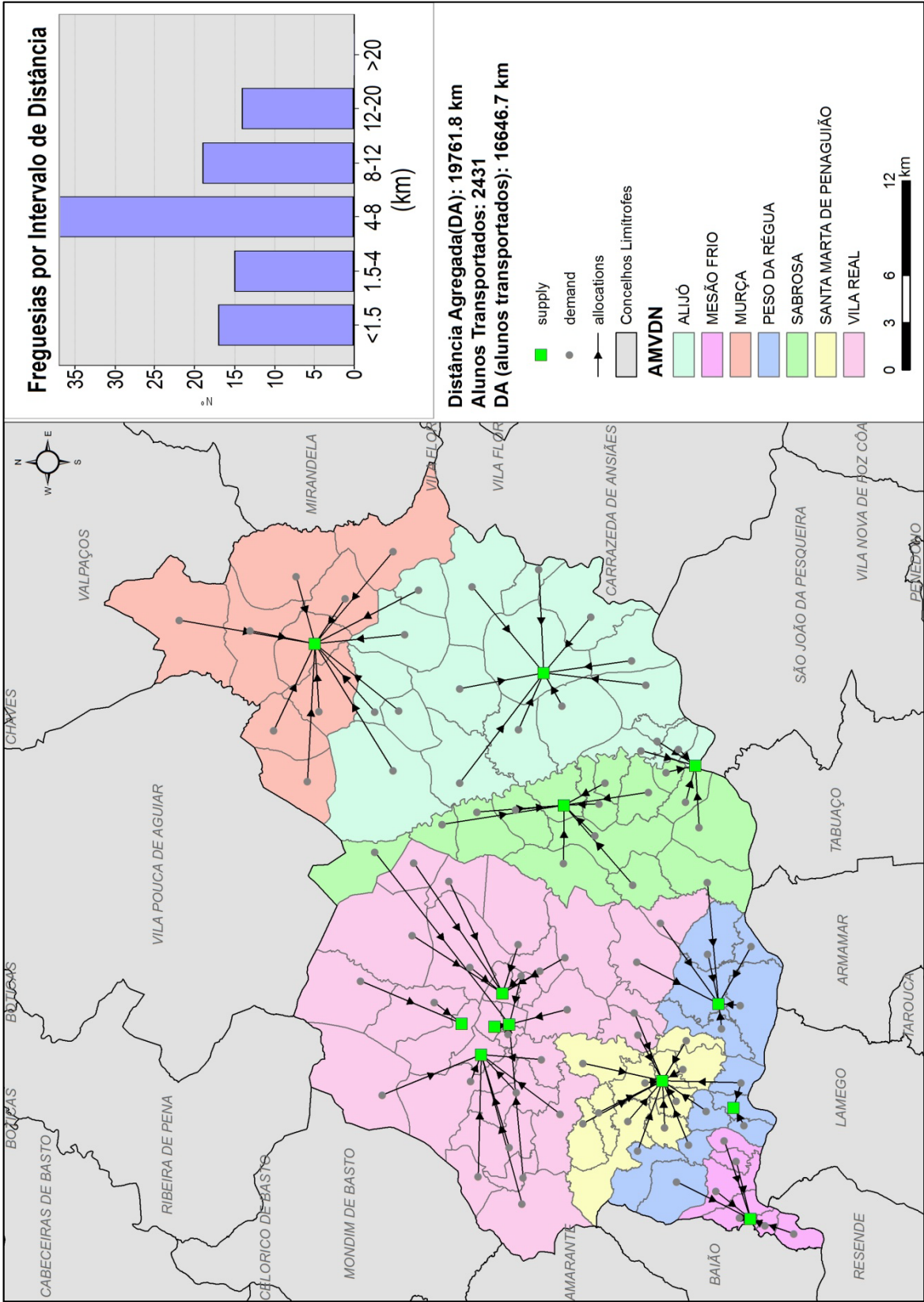


Módulo 1 – Cenário 1A

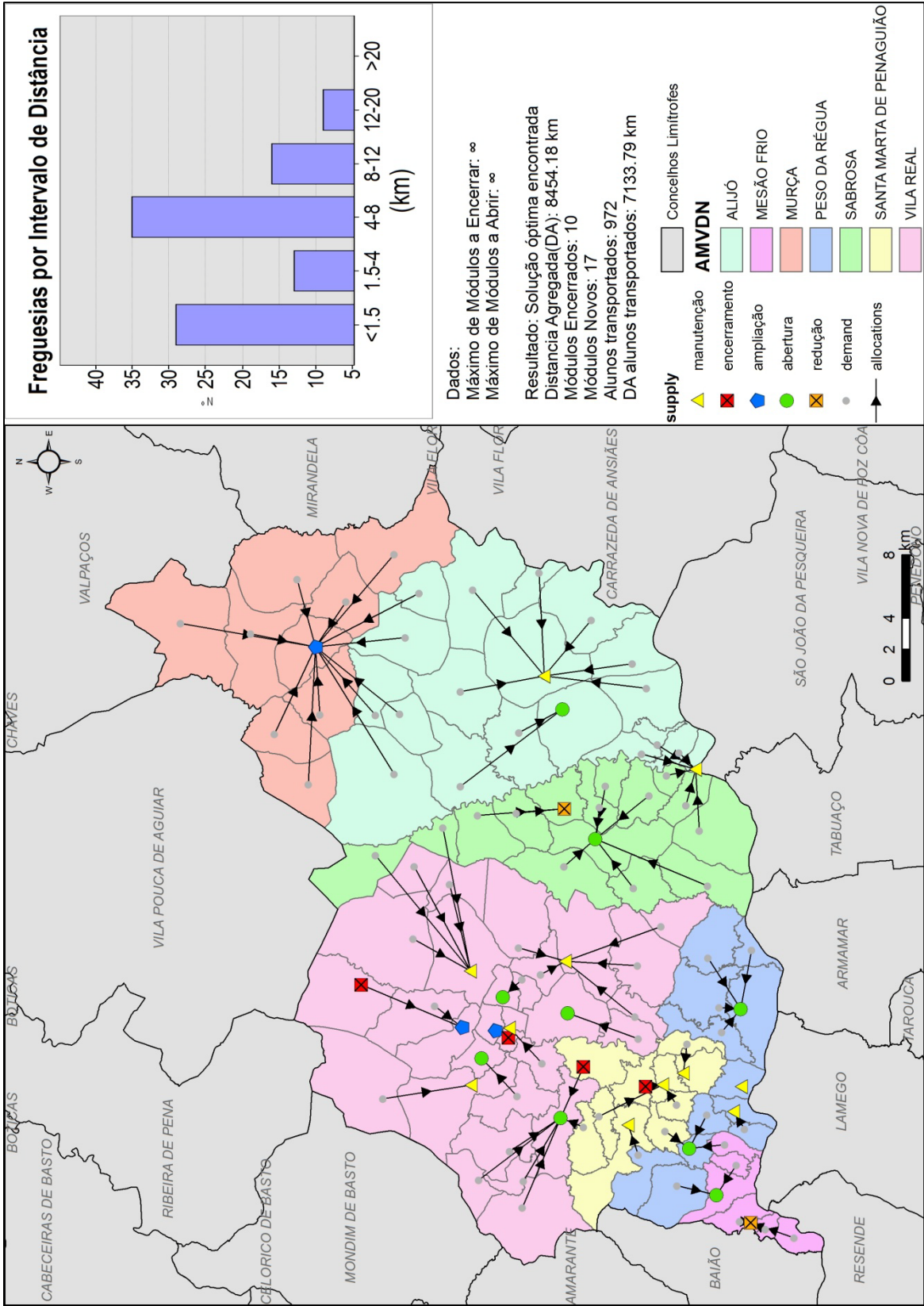




Módulo 1 – Cenário 2A

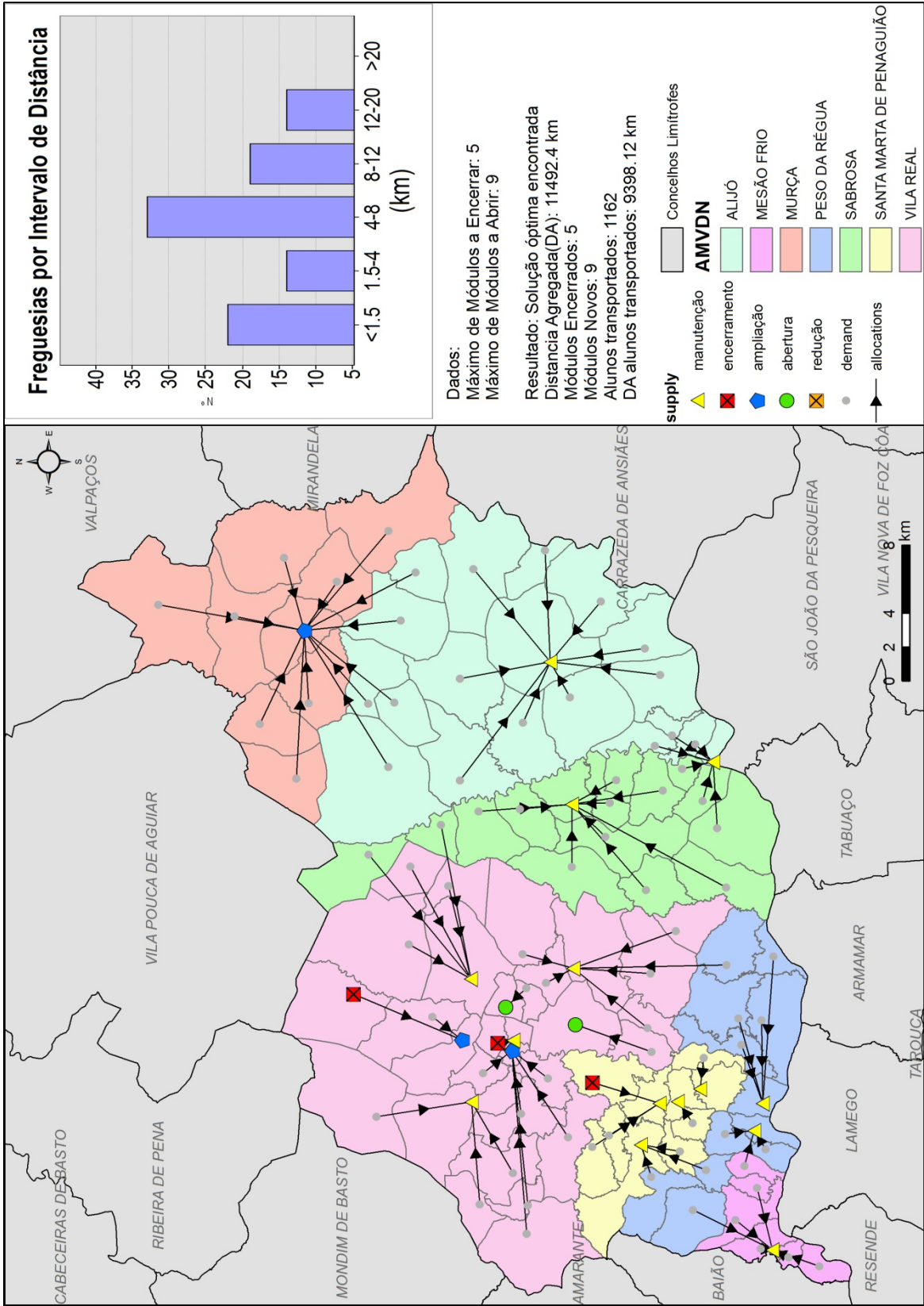


Módulo 2 – 1CEB - Cenário 1

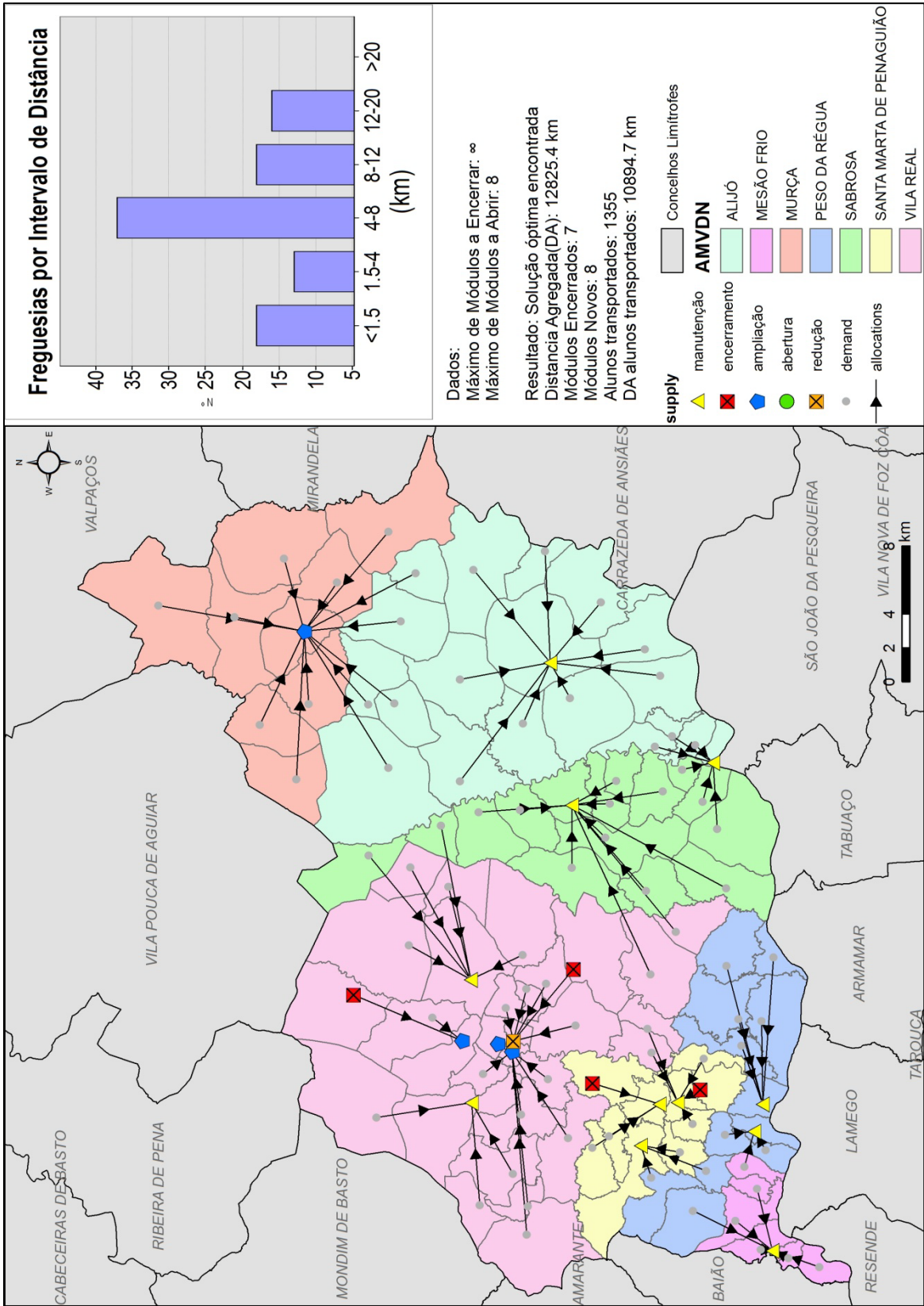


204

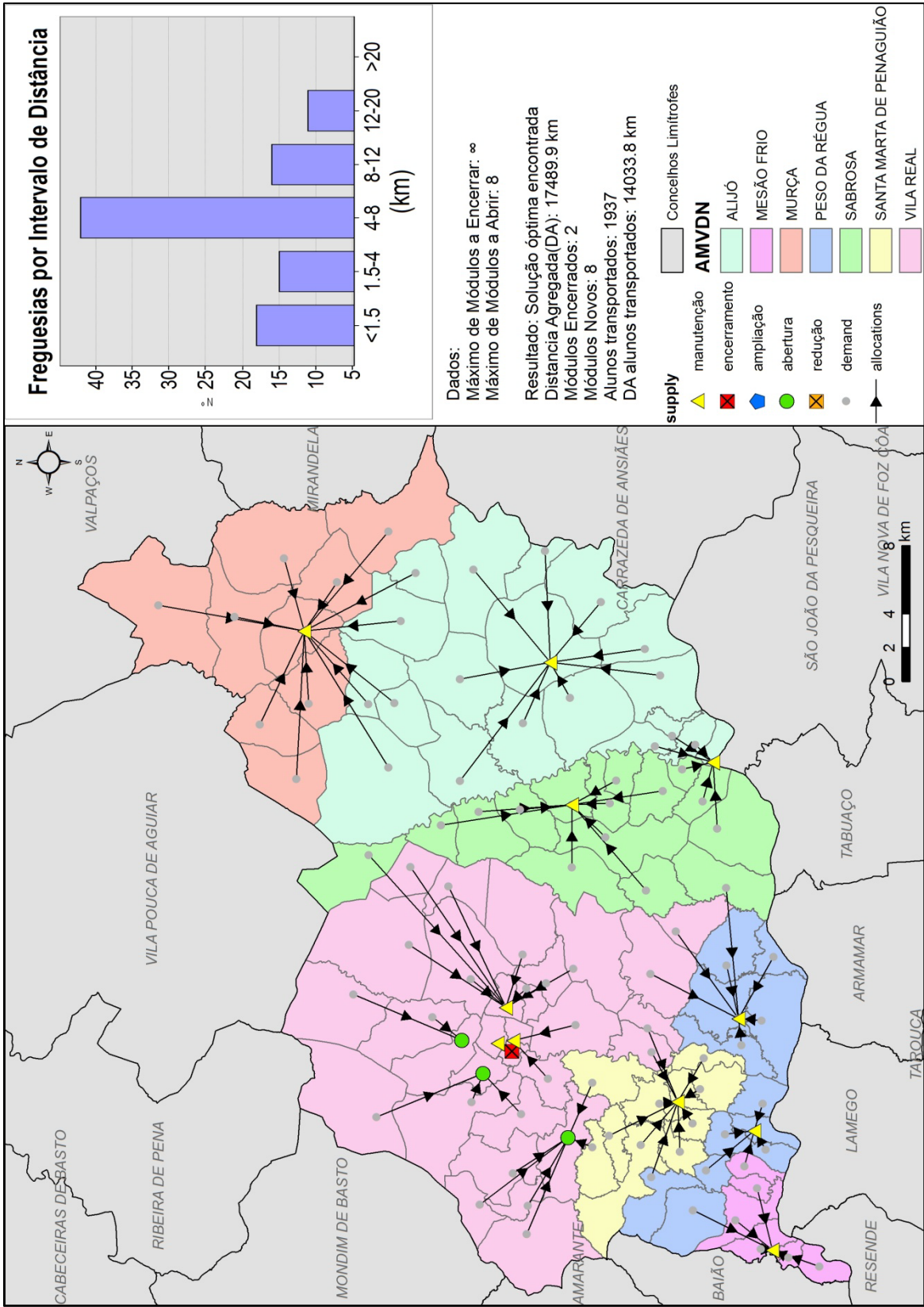
Módulo 2 – 1CEB - Cenário 3



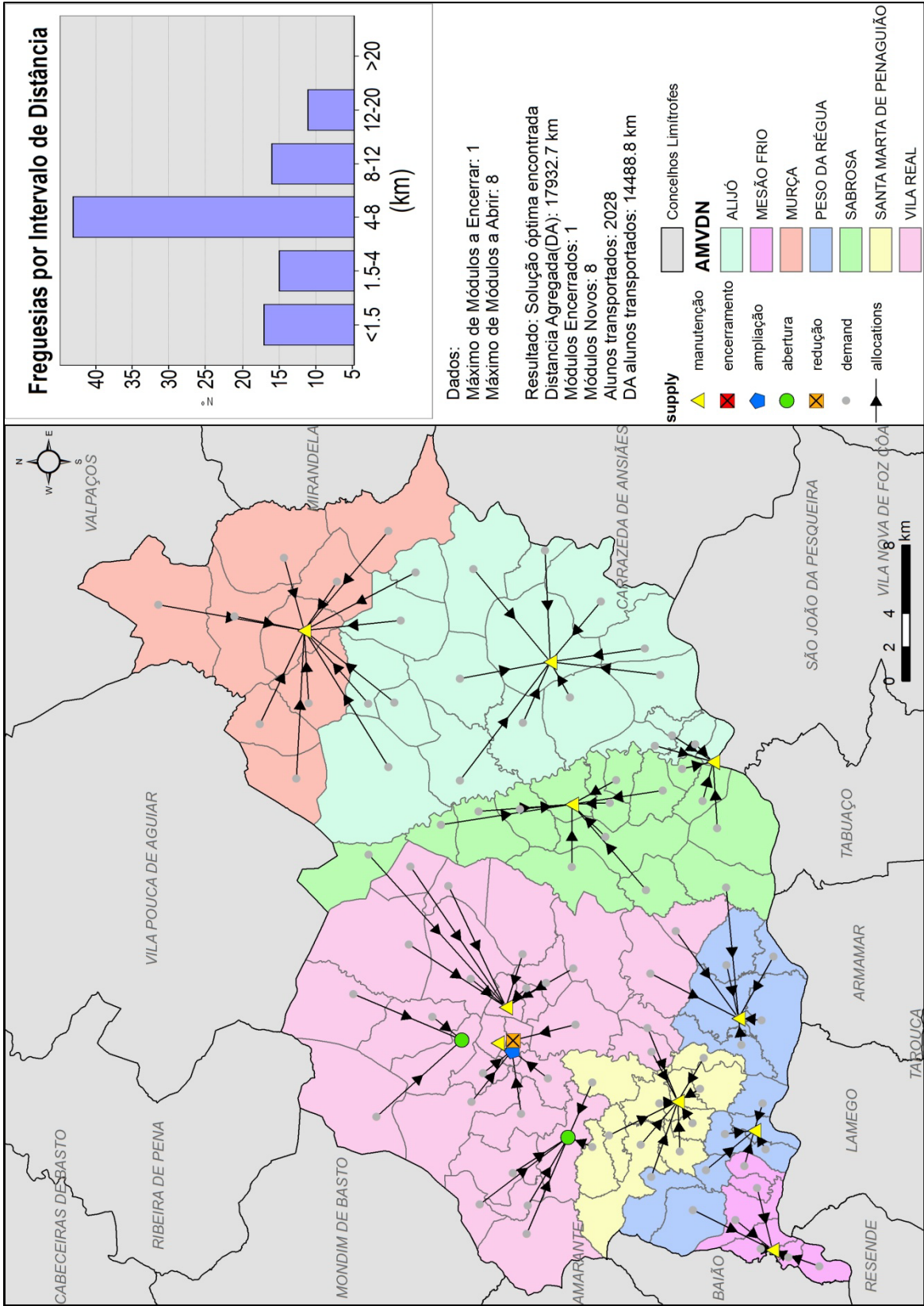
Módulo 2 – 1CEB - Cenário 4



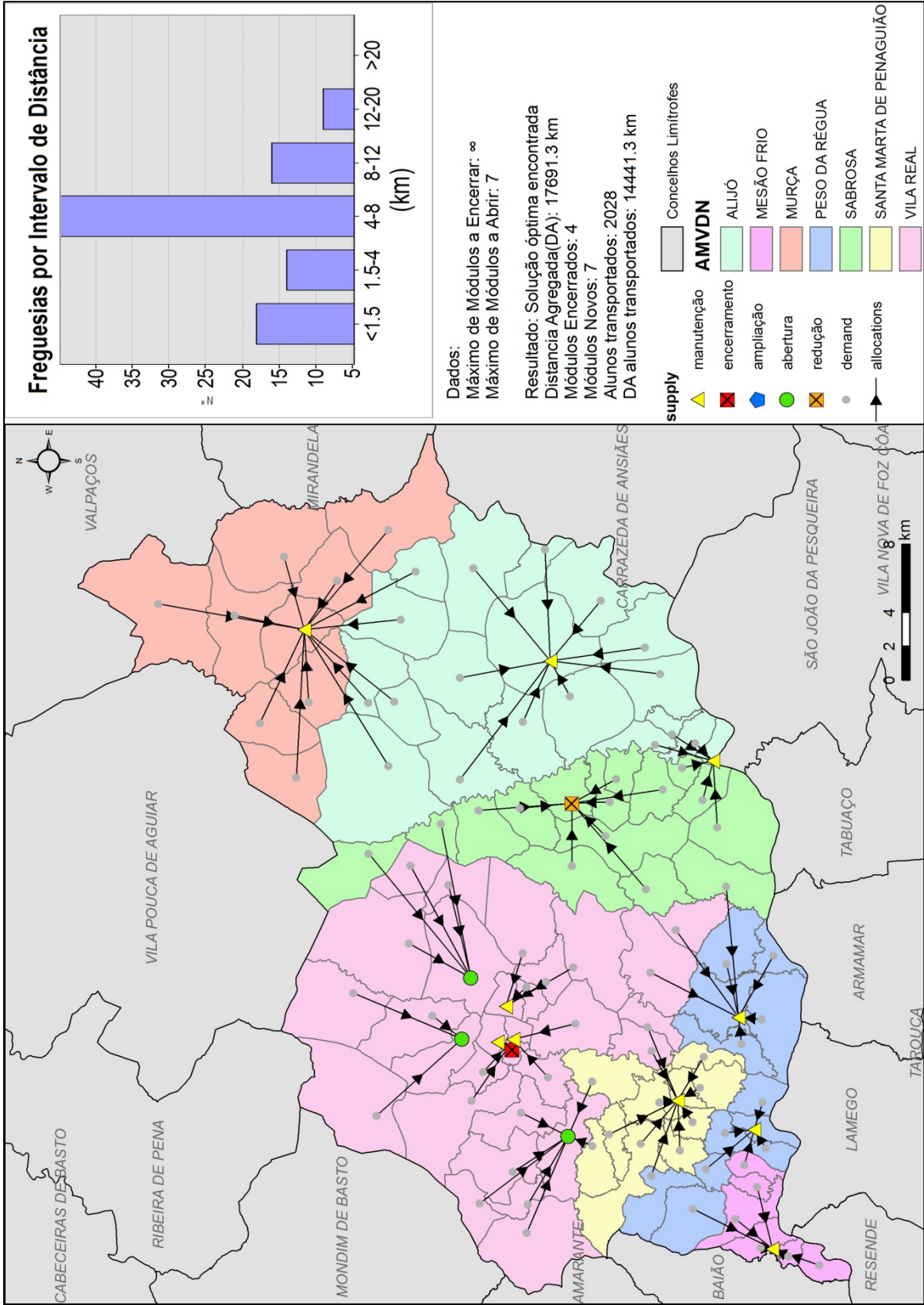
Módulo 2 – 23CEB - Cenário 1



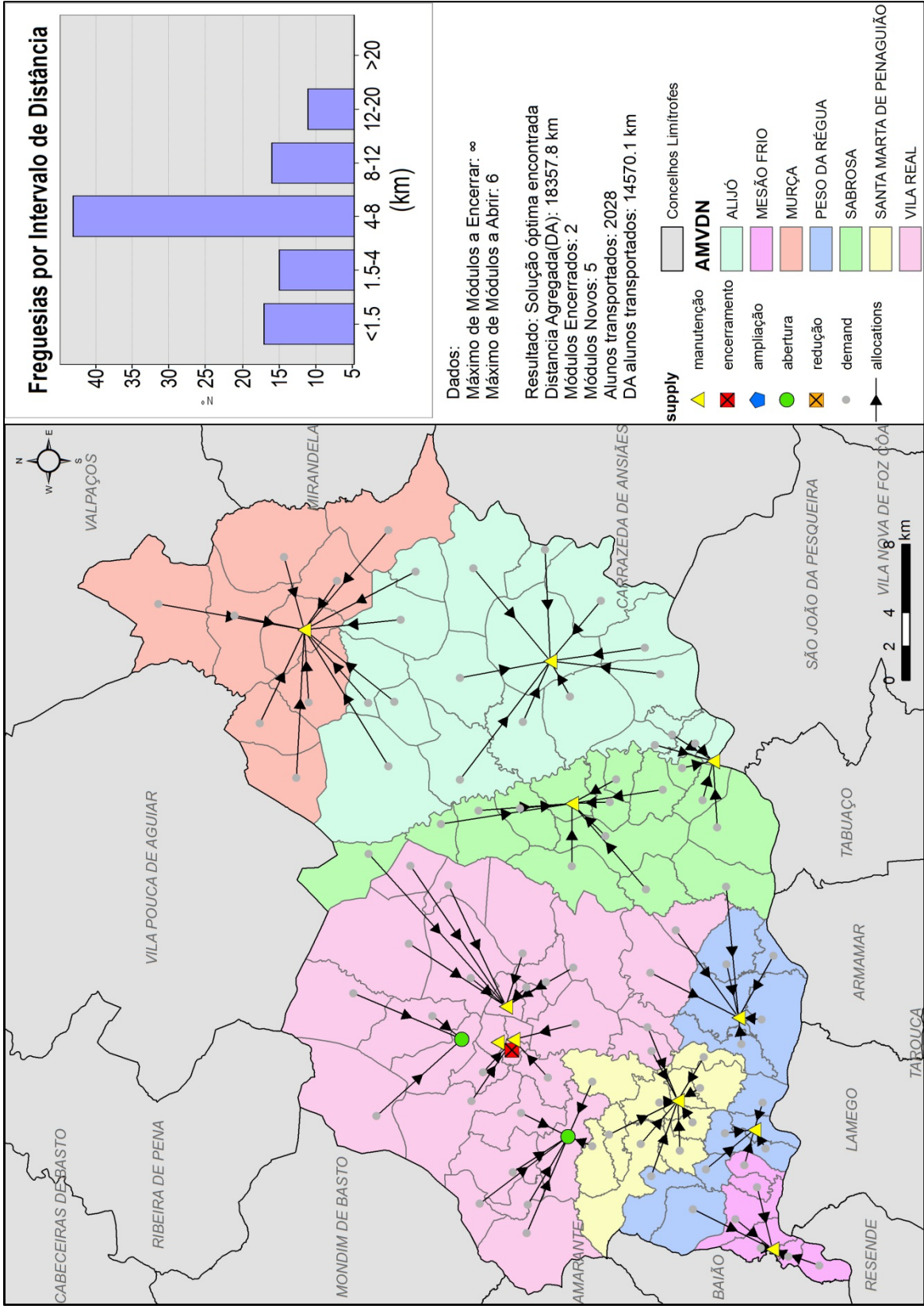
Módulo 2 – 23CEB - Cenário 2



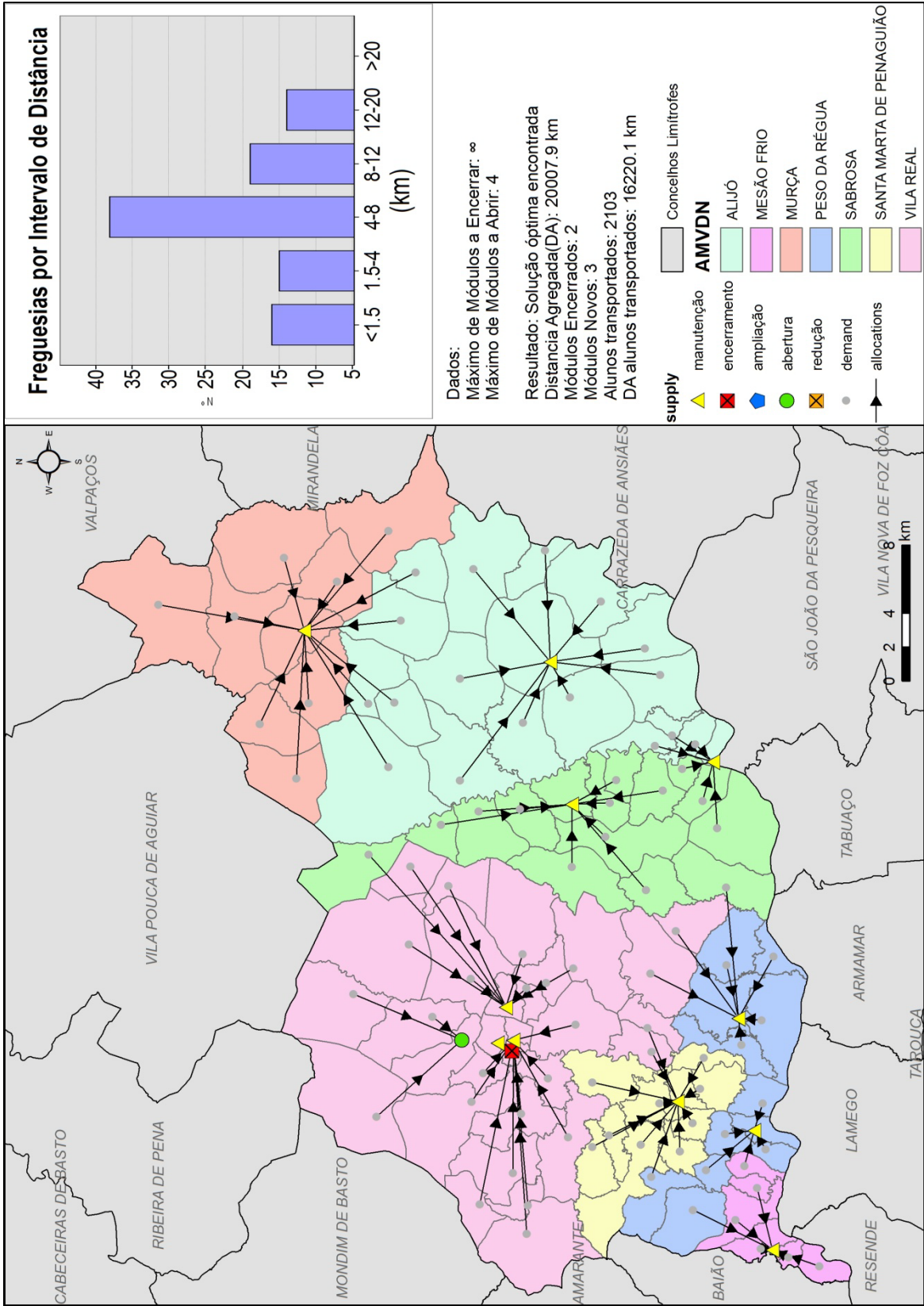
Módulo 2 – 23CEB - Cenário 3



Módulo 2 – 23CEB - Cenário 4

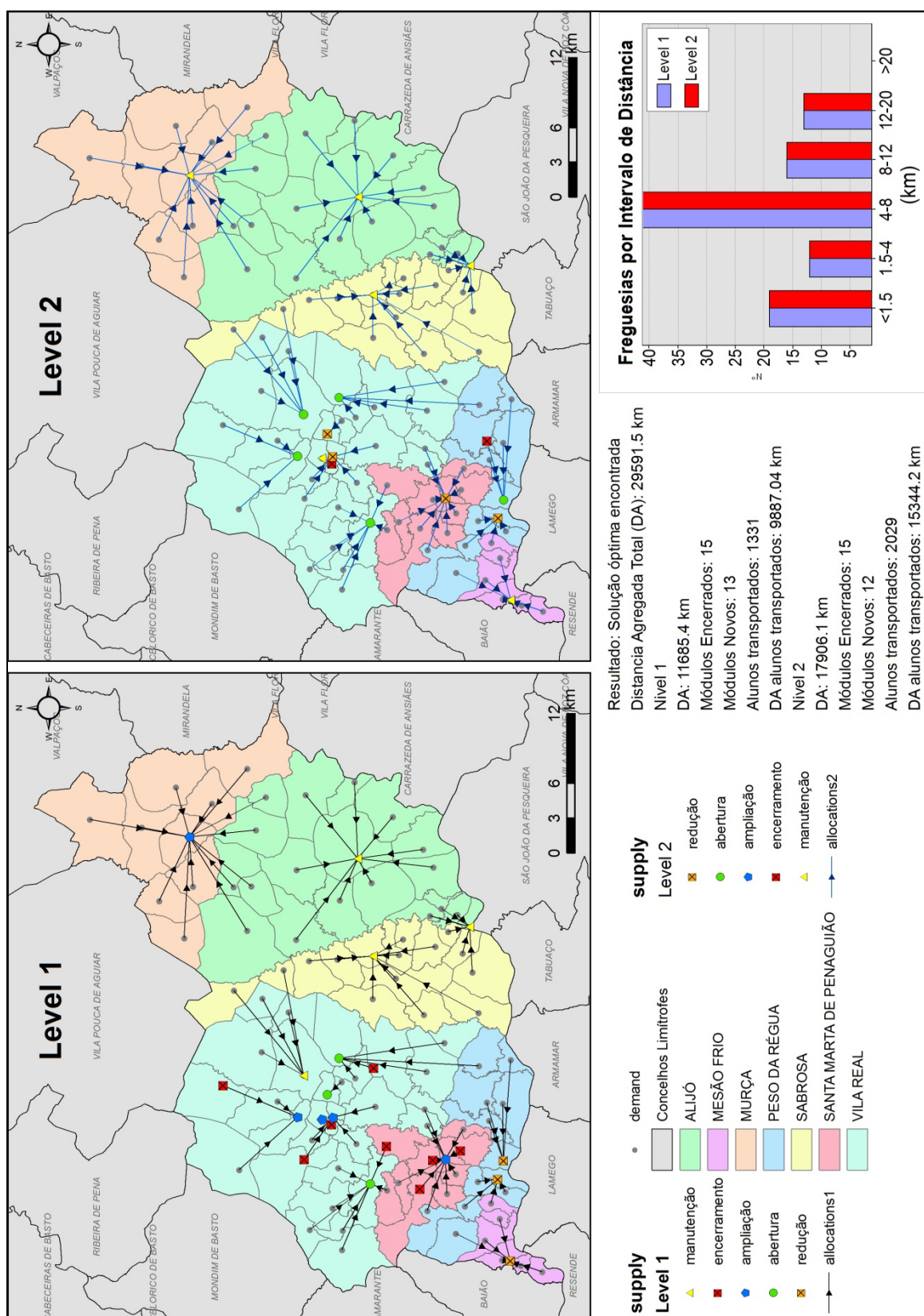


Módulo 2 – 23CEB - Cenário 5

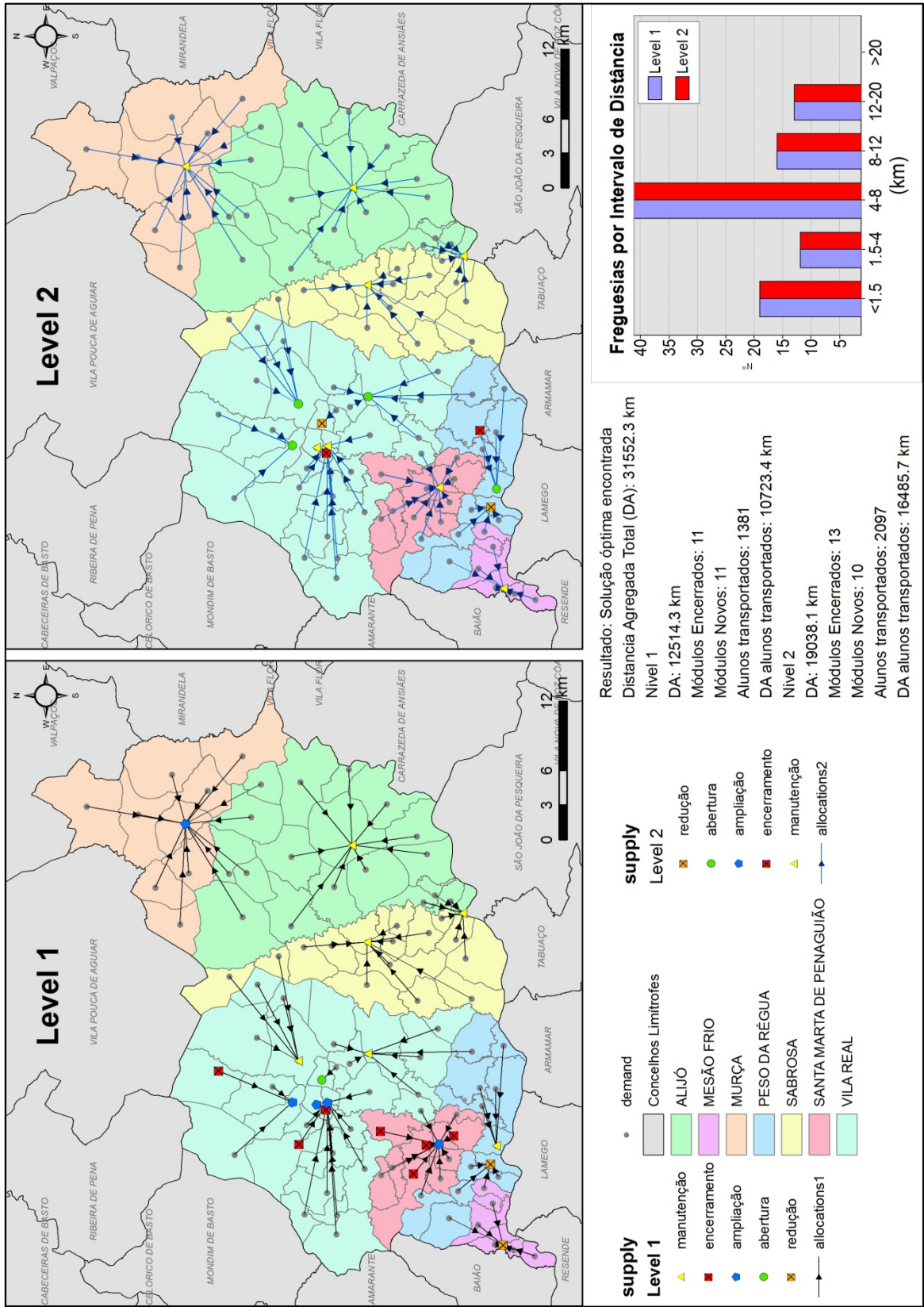


212

Módulo 3 – Cenário 2



Módulo 3 – Cenário 3



Mapa das freguesias da AMVDN

