



**Daniel José da Loura
Soares**

**Sistema de Informação Energético-Ambiental para
Veículos Rodoviários**

**Environmental-Energetic Information System for
Road Vehicles**



**Universidade de
Aveiro
2008**

Departamento de Engenharia Mecânica

**Daniel José da Loura
Soares**

**Sistema de Informação Energético-Ambiental para
Veículos Rodoviários**

**Environmental-Energetic Information System for
Road Vehicles**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Dra. Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

À minha família, que sempre me encorajou e me deu o seu apoio em todas as horas.

o júri

presidente

Professor Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo
Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

orientadora

Professora Doutora Margarida Isabel Gabrita Marques Coelho
Professora Auxiliar Convidada / Investigadora de pós-doutoramento do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

arguente

Doutora Elisabete Arsénio Almeida
Investigadora Auxiliar no Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança do Departamento de Transportes do LNEC

agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha grande amiga e companheira Ana Ribeiro, pela valiosa ajuda que me prestou e pelas críticas construtivas que efectuou nas diversas fases do projecto. A sua exigência e criatividade contribuíram decisivamente para a melhor qualidade do trabalho apresentado.

Gostaria também de agradecer à Doutora Margarida Coelho, pela orientação que me deu e pelas oportunidades que me concedeu de aprofundar os meus conhecimentos no âmbito do projecto.

À Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, pelo financiamento do Projecto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico intitulado “*Energy use and greenhouse gases emissions in vehicles: Contrasting alternative fuels, propulsion systems and market policies in the US and Portugal*” (Projecto 2-03/2008), pelo Programa de Bolsas FLAD/NSF – “Portugal-EUA: Parcerias e Redes para Investigação 2007”, no âmbito do qual a presente Dissertação foi realizada.

Por último agradecer a todas as pessoas envolvidas em projectos idênticos, pela dedicação e esforço em prol da consciencialização e formação do cidadão.

palavras-chave

Transporte individual, consumo combustível, emissões poluentes, modos de propulsão alternativos, combustíveis alternativos, bases de dados, mercado automóvel, Portugal, Estados Unidos América

resumo

Com o presente trabalho pretende-se proporcionar ao cidadão comum a possibilidade de consultar, através de uma aplicação informática, informações variadas, nomeadamente consumo de combustível e emissões de poluentes para veículos automóveis comercializados em Portugal e nos EUA. É dada ênfase a modos de propulsão e combustíveis alternativos, sendo também possibilitada a realização de análises de ciclo de vida recorrendo ao simulador MOVES. Esta interface proporciona igualmente uma fonte de informação ao consumidor, particularmente aquando da aquisição de um veículo. Para além da construção de duas bases de dados, uma para cada mercado automóvel, foi também implementada uma interface gráfica, executável em qualquer computador de sistema operativo Windows. O objectivo último do presente projecto é alertar o cidadão para as problemáticas actuais do aquecimento global e da dependência excessiva de recursos não-renováveis, como o petróleo.

keywords

Individual transport, fuel consumption, pollutant emissions, alternative propulsion modes, alternative fuels, databases, vehicles fleet, Portugal, USA

abstract

With this work it is intended to give the common citizen the possibility to search, through an informatic application several informations, namely fuel consumption and pollutant emissions for automobile vehicles commercialized in Portugal and USA. Emphasis is given to alternative fuel and propulsion methods, being also possible to run life cycle analysis recurring to MOVES simulator. This interface constitutes also an information source to the consumer, particularly when acquiring a vehicle.

Besides the construction of two databases, one for each car market, it was also implemented a graphical user interface, executable in any computer running Windows operating system.

The ultimate goal of the present project is to alert the citizen to the actual problematics of global warming and excessive dependency from non-renewable resources, such as oil.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE TABELAS	2
NOMENCLATURA	3
SUMÁRIO.....	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. MOTIVAÇÃO.....	5
1.2. OBJECTIVOS.....	7
1.3. ESTRUTURA DA TESE.....	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3. METODOLOGIA	12
3.1 – ESTRUTURA DA APLICAÇÃO / BASES DE DADOS	12
3.1.1 – Bases de Dados.....	12
3.1.2 – Implementação da interface gráfica	29
3.1.2.1 - Janela de Início.....	33
3.1.2.2 - Janela de Pesquisa / Comparação Portugal	34
3.1.2.3 - Janela de Resultados Portugal	36
3.1.2.4 - Janela de Pesquisa/Comparação EUA.....	37
3.1.2.5 - Janela de Resultados EUA.....	39
3.1.2.6 - Calculadora de Custo de Combustível Portugal.....	40
3.1.2.7 - Calculadora de Custo de Combustível EUA	42
3.2 – FERRAMENTA DE MODELAÇÃO MOVES.....	43
3.3 – MERCADOS AUTOMÓVEL DE PORTUGAL E EUA	44
3.3.1 - Mercado Automóvel de Portugal.....	44
3.3.2 - Mercado Automóvel dos EUA	45
3.3.4 - Comparação entre os mercados de Portugal e dos EUA	46
3.4 - EXECUTÁVEL APLICAÇÃO E PÁGINA WEB	47
4. RESULTADOS	48
4.1 – APLICAÇÃO SINERG-AVR.....	48
4.2 – FERRAMENTA DE MODELAÇÃO MOVES.....	54
4.3 – EXECUTÁVEL DE INSTALAÇÃO DA APLICAÇÃO SINERG-AVR	73
4.4 – PÁGINA WEB DO PROJECTO.....	76
5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS	82
A.1 – COMANDOS E CLÁUSULAS SQL.....	82
A.2 – SCRIPTS BASES DE DADOS.....	83

Índice de Figuras

Figura 3-1.....	12
Figura 3-2.....	17
Figura 3-3.....	18
Figura 3-4.....	20
Figura 3-5.....	21
Figura 3-6.....	23
Figura 3-7.....	24
Figura 3-8.....	24
Figura 3-9.....	31
Figura 3-10.....	32
Figura 4-1.....	48
Figura 4-2.....	49
Figura 4-3.....	49
Figura 4-4.....	50
Figura 4-5.....	50
Figura 4-6.....	51
Figura 4-7.....	51
Figura 4-8.....	52
Figura 4-9.....	52
Figura 4-10.....	53
Figura 4-11.....	54
Figura 4-12.....	55
Figura 4-13.....	56
Figura 4-14.....	57
Figura 4-15.....	58
Figura 4-16.....	59
Figura 4-17.....	60
Figura 4-18.....	61
Figura 4-19.....	62
Figura 4-20.....	63
Figura 4-21.....	64
Figura 4-22.....	65
Figura 4-23.....	66
Figura 4-24.....	67
Figura 4-25.....	68
Figura 4-26.....	69
Figura 4-27.....	70
Figura 4-28.....	71
Figura 4-29.....	72
Figura 4-30.....	72
Figura 4-31.....	73
Figura 4-32.....	74
Figura 4-33.....	74
Figura 4-34.....	75
Figura 4-35.....	75
Figura 4-36.....	76

Índice de Tabelas

Tabela 3-1.....	26
Tabela 3-2.....	26
Tabela 3-3.....	27
Tabela 3-4.....	38
Tabela 3-5.....	38
Tabela 3-6.....	44
Tabela 3-7.....	45
Tabela 3-8.....	45

Nomenclatura

ACAP – Associação Automóvel de Portugal
ACEA – *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles* (Associação dos Construtores Europeus de Automóveis)
ACV – Análise de Ciclo de Vida
APVGN – Associação Portuguesa do Veículo a Gás Natural
BCNF – *Boyce-Codd Normal Form* (Forma Normal de Boyce-Codd)
BD – Base(s) de Dados
DCL – *Data Control Language*
DDL – *Data Definition Language*
DGV – Direcção-Geral de Viação
DML – *Data Manipulation Language*
EERE – *Energy Efficiency and Renewable Energy*
EPA – *Environmental Protection Agency*
EUA – Estados Unidos da América
FAP – Filtro(s) Avançado(s) de Partículas
FLAD – Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento
GEE – Gases de Efeito de Estufa
GUI – *Graphical User Interface*
HTML – *HyperText Markup Language*
JAMA – *Japanese Automobile Manufacturers Association* (Associação dos Construtores Japoneses de Automóveis)
KAMA – *Korean Automobile Manufacturers Association* (Associação dos Construtores Coreanos de Automóveis)
MOVES – *Motor Vehicle Emission Simulator*
MPG – *Miles Per Gallon* (Milhas por Galão)
NF – *Normal Form* (Forma Normal)
OTAQ – *Office of Transportation and Air Quality*
SGBD – Sistema Gestor de Bases de Dados
SQL – *Structured Query Language*
TC – Transporte Colectivo
TI – Transporte Individual
UE – União Europeia

Sumário

Partindo da situação actual dos transportes e da sua relação com a qualidade ambiental e gestão dos recursos naturais, este trabalho pretende ser um foco de informação e de alerta para as enumeradas problemáticas, juntando-se assim a projectos já existentes na área.

Uma das principais premissas deste projecto é a relação entre Estados Unidos da América (EUA) e Europa, nomeadamente no que se refere ao mercado automóvel de ambos. Assim, é neste trabalho feita a ponte entre EUA e Portugal, disponibilizando por meio de uma só interface dados sobre os mercados automóvel de ambos os países.

Com a aplicação SINERG-AVR (Sistema de Informação Energético-Ambiental para Veículos Rodoviários), pretende-se, assim, ajudar a criar sinergias e a uniformizar normas e abordagens. Esta permite comparar ambos os mercados, quais os tipos de veículos disponíveis, quais as principais apostas alternativas e ainda quantificar consumos e emissões poluentes. Em última instância, mais do que se limitar a disponibilizar informação sobre os mercados, é também dada ênfase ao carácter pedagógico que este tipo de iniciativas pode e deve possuir, nomeadamente através de painéis informativos presentes na interface gráfica.

Num passo em frente relativamente ao habitualmente encontrado, é também disponibilizado com este projecto um simulador de análise de ciclo de vida, com o intuito de proporcionar ao cidadão uma ferramenta que lhe permita não apenas concentrar-se na fase de utilização de um dado veículo, mas em todo o seu ciclo de vida.

O resultado surge sob a forma de uma plataforma *online*, de onde qualquer pessoa pode descarregar a aplicação SINERG-AVR e em qualquer local e a qualquer momento procurar informação sobretudo sobre consumo de combustível e emissões poluentes de veículos automóveis comercializados em Portugal e nos EUA, de forma a poder escolher convenientemente um veículo.

Esta dissertação de Mestrado encontra-se a ser realizada no âmbito do Projecto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico intitulado “Energy use and greenhouse gases emissions in vehicles: Contrasting alternative fuels, propulsion systems and market policies in the US and Portugal” (Projecto 2-03/2008), em parceria com a North Carolina State University, no âmbito do Programa de Bolsas Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento / United States National Science Foundation – “Portugal-EUA: Parcerias e Redes para Investigação 2007”.

1. Introdução

1.1. Motivação

De forma a suprir a crescente procura e conseqüente escassez de fontes de energia de origem fóssil, e não esquecendo também a problemática do aquecimento global, onde os gases de efeito de estufa (GEE) assumem um papel central, um grande esforço tem sido realizado no sentido de encontrar alternativas válidas e exequíveis, nomeadamente a introdução no mercado de combustíveis alternativos e de formas alternativas de propulsão, mais limpas e eficientes. Qualquer destas problemáticas se encontra estreitamente ligada ao sector dos transportes, o sector com maior responsabilidade no que ao consumo de energia e ao aquecimento global diz respeito.

Numa era em que o transporte individual (TI) se apresenta como a opção de mobilidade mais apetecível, torna-se premente reflectir sobre se a sua utilização constitui a melhor alternativa. Se é verdade que a independência e o conforto são mais-valias do TI, é todavia consensual que a mobilidade urbana e a poluição atmosférica sofrem com essa opção. Contudo, mesmo que o transporte colectivo (TC) fosse adoptado pelos cidadãos como a sua opção primordial de mobilidade, tal nem sempre é possível, ou praticável, quer pela inexistência de uma rede de transportes públicos, quer pela sua qualidade deficiente, respectivamente. Nestes casos o TI afigura-se como a única opção, mormente para o cidadão que percorre uma distância diária proibitiva para modos de transporte mais tradicionais, como a bicicleta e até, a pé.

Partindo então do pressuposto que a única opção disponível seja o TI, é importante que o veículo a usar seja o mais económico e ecológico possível. É neste contexto que o presente projecto se revela útil, pois é disponibilizado um conjunto de informação valiosa para o consumidor, nomeadamente aquando da compra de um veículo. Poder a qualquer instante consultar os consumos e as emissões de um dado automóvel por si só já constitui uma mais-valia, mas se a isso se juntar a possibilidade de realizar uma análise de ciclo de vida (ACV) de um tipo de veículo/combustível e a opção de calcular o custo em combustível para percorrer uma determinada distância, então o leque de informação disponível torna-se substancial.

Outro aspecto crucial é a consciencialização do cidadão para as problemáticas acima enumeradas, nomeadamente pela integração em projectos deste tipo de painéis informativos com dicas e conselhos de utilização de automóveis, com o intuito de reduzir o consumo de combustível e conseqüentemente as emissões de dióxido de carbono.

Encontrando-se Europa e EUA cada vez mais ligados, é também interessante que se estabeleçam metas comuns e se comparem os mercados automóveis de ambos. Sendo Portugal um país cujo parque automóvel é bastante diversificado, e cujas normas de emissões são impostas pela União Europeia (UE), pode este ser considerado como legítimo representante da realidade europeia em que se insere. Conseqüentemente, possibilitar por intermédio de uma mesma aplicação a comparação entre ambos os mercados reveste-se da maior utilidade. Perceber as diferenças entre UE e EUA é perceber o que é possível melhorar em ambos os mercados.

Assim, neste contexto, a disponibilização *online* de uma aplicação com a qual o cidadão pode efectuar uma escolha mais fundamentada face às suas necessidades e padrões de mobilidade, reveste-se de especial importância. Não basta escolher, é imperativo saber escolher. Para tal, é necessário que sejam fornecidas todas as informações ao utilizador, do modo mais claro e directo possível.

1.2. Objectivos

Pretende-se com este trabalho criar uma aplicação que possa servir como base de apoio à decisão, isto é, que permita a um utilizador procurar, descobrir e escolher um determinado veículo com base nas suas necessidades ou simples curiosidade. Esta aplicação estaria disponível *online* para *download*, em página criada exclusivamente para o efeito ou integrada numa outra página já existente.

A base de dados (BD) comportará, numa primeira fase, informação relativa a todos os veículos automóveis ligeiros constituintes do mercado automóvel em Portugal, nomeadamente consumos, emissão de CO₂, transmissão, cilindrada, potência, tipo de combustível e modo de propulsão. Pretende-se, numa segunda fase, que essa informação seja estendida ao mercado automóvel norte-americano, por forma a abranger o maior número de veículos possível, constituindo-se assim uma base de dados de referência, disponível a qualquer cidadão, de forma acessível e gratuita.

É dada uma especial relevância aos combustíveis/modos de propulsão alternativos, que se pretende tenham papel preponderante neste trabalho, uma vez que neles se deposita muita da confiança no futuro, no que ao consumo de energia e a emissões de poluentes diz respeito. Mas uma pergunta importante se coloca: serão as novas tecnologias compensatórias face a todas as soluções actuais, ao analisar todo o ciclo de vida? Com o objectivo de responder a esta questão, será criada na própria aplicação uma ligação a um software desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA), o *MOVES – Motor Vehicle Emission Simulator* (que deverá constar do arquivo a descarregar da Internet pelo utilizador), que executará a ACV de uma ou várias combinações da forma combustível/tipo de veículo, incluindo combustíveis designados como alternativos (gás natural comprimido, etanol, hidrogénio líquido, metanol e electricidade). Deste modo, poder-se-ão comparar veículos de tecnologias distintas numa mesma base.

Mais do que uma aplicação que se limite a apresentar resultados com base em determinados critérios de pesquisa, pretende-se também que esta seja um importante veículo de consciencialização do cidadão comum para a problemática actual que rodeia o sector dos transportes e da energia, mormente a questão do aquecimento global. Assim, a aplicação contará com uma secção específica, sempre visível, onde serão colocados factos, conselhos úteis e advertências aos condutores, com o objectivo de reduzir o consumo de combustível e as emissões poluentes, contribuindo assim para minimizar o impacto dos transportes no ambiente.

1.3. Estrutura da Tese

A presente tese encontra-se organizada por capítulos e subcapítulos, de modo a melhorar a sua organização e apresentação de conteúdos.

Assim, no primeiro capítulo é feita uma introdução ao trabalho, apresenta-se a motivação – onde se mencionam algumas das problemáticas actuais no âmbito do presente projecto, os objectivos – onde se enumeram as várias metas e especificações que se pretendem atingir/criar, e a estrutura da tese – onde se apresenta uma visão geral da organização dos conteúdos.

O segundo capítulo diz respeito à revisão bibliográfica, onde é dado a conhecer o estado da arte, nomeadamente os trabalhos que têm sido realizados no contexto deste projecto.

No terceiro capítulo é referida a metodologia empregue e as diversas linhas de abordagem aos problemas que foram surgindo durante o trabalho. É neste capítulo que se abordam os principais conceitos e se dissecam todos os problemas inerentes ao projecto.

Os resultados obtidos encontram-se expostos no quarto capítulo, onde se ilustra o funcionamento da aplicação e do simulador MOVES.

No quinto capítulo são discutidas as principais conclusões e abordadas todas as dificuldades encontradas, para além de ser especificado todo o trabalho futuro a realizar para que a aplicação desenvolvida se torne progressivamente melhor e mais actualizada. Finalmente, o último capítulo diz respeito à bibliografia, com a indicação de todas as referências consultadas.

2. Revisão Bibliográfica

De forma a obter uma visão clara e precisa do estado da arte, uma pesquisa abrangente e meticulosa tornou-se indispensável. Especial atenção foi dedicada a bases de dados ou focos informativos disponibilizados gratuitamente ao cidadão, sendo que esse constitui o âmbito desta iniciativa.

Em Portugal, a única e principal fonte pública e gratuita de informação oficial sobre emissões e consumos de veículos automóveis, para além dos representantes legais de marca, é o Guia de Economia de Combustível – 2008 [14], disponibilizado pela Direcção-Geral de Viação (DGV). Associada a este guia existe uma base de dados, possível de ser consultada *online* através de uma interface criada exclusivamente para o efeito. Esta página pode ser acedida quer através do portal da DGV [13] quer por intermédio do portal da Associação Automóvel de Portugal (ACAP) [1].

De âmbito europeu, frisar a existência de bases de dados com o mesmo intuito da existente em Portugal disponibilizada pela DGV e ACAP, isto é, fornecer informação sobre veículos, nomeadamente no que se relaciona com combustíveis (incluindo alternativos), emissões de dióxido de carbono e tecnologias alternativas. Através do portal da Comissão Europeia, departamento de Transporte e Ambiente, é possível aceder a bases de dados de estados membros da UE [18]. Entre as iniciativas, encontram-se as de países como Áustria [4], Bélgica [19], Dinamarca [36], Finlândia [42], França [2], Irlanda [48], Holanda [35], Portugal, Espanha [37], Suécia [39] e Grã-Bretanha [51]. Apesar de no essencial a informação disponibilizada nas bases de dados de cada um dos países ser semelhante, as estratégias são distintas, estando a informação apresentada de diferentes modos, consoante o país. A existência de etiquetas de eficiência energética, como acontece com Espanha e o modo de pesquisa por combustíveis alternativos, como se encontra disponível na página da Grã-Bretanha, são apenas dois exemplos de estratégias adoptadas.

A nível internacional, as principais iniciativas são dos governos norte-americano, australiano e neo-zelandês.

A *United States Environmental Protection Agency* (EPA) disponibiliza, em área própria do seu portal, o *Green Vehicle Guide – 2008* [20], um guia com informação relativa a todos os veículos automóveis vendidos nos Estados Unidos. Para além de uma opção de pesquisa básica, possibilita ainda ao utilizador a opção de pesquisa avançada, a de comparação de veículos e finalmente, a de obter o guia completo (à data, estão disponíveis os guias dos anos de 2000 a 2008).

Numa iniciativa conjunta da EPA com a subdivisão *Energy Efficiency and Renewable Energy* (EERE) do *United States Department of Energy*, surge o *website* www.fueleconomy.gov [25], onde para além de ser possível procurar e comparar veículos, são também disponibilizadas informações importantes, dicas para melhorar o consumo de combustível e é dada especial atenção aos combustíveis e modos de propulsão alternativos. Existe inclusive, toda uma secção dedicada apenas ao bio-etanol, com locais de compra e informações relevantes.

Como referido acima, para além do governo dos Estados Unidos, também o governo da Austrália disponibiliza um *Green Vehicle Guide* [30] com o objectivo de fornecer aos cidadãos informação sobre o seu mercado automóvel, nomeadamente nas áreas do consumo de combustível e emissões de GEE.

Ainda a nível australiano existe também uma outra iniciativa governamental que se reveste de particular importância. Actualmente ainda existem a circular muitos veículos cujos padrões de emissões não respeitam as mais actuais e exigentes normas. Também com o objectivo de mostrar ao cidadão que um veículo mais moderno é um veículo mais eficiente e menos poluente, nesta página *Web – Fuel Guide Austrália* [24] existe a opção de pesquisar toda uma base de dados de veículos vendidos no país, entre os anos de 1986 a 2003.

Também na Oceânia, o governo da Nova Zelândia se encontra bastante activo e empenhado na consciencialização dos seus cidadãos, nomeadamente para a poupança de combustível, o que em última instância conduzirá a uma redução das emissões poluentes, como refere Harrington, W. [33]. Assim, na página criada pela *Land Transport NZ – Fuel Saver* [26], o utilizador pode calcular o seu custo em combustível por ano, com base na viatura escolhida, na distância percorrida, no combustível utilizado e nos hábitos de condução. Deste modo, o cidadão é “convidado” a escolher diversas combinações e a comparar custos com base nas suas opções. Destaque ainda para a página do programa *Green Fleet: a Sustainable Business Network* [29], que encoraja os empresários neozelandeses a reduzir o impacto da sua frota automóvel no ambiente e na sociedade. Para se ser membro do *Green Fleet* é necessário preencher três requisitos práticos: ser eficiente a nível de transportes, apoiar veículos e combustíveis alternativos e minimizar o impacto dos seus próprios veículos. As empresas, aquando da subscrição, comprometem-se a disponibilizar uma verba anual, dependendo do escalão em que a empresa se encontre, da qual uma percentagem será empregue na plantação de árvores.

Para além destas iniciativas acima mencionadas, de cariz governamental, existem também outras, de índole estatal e até não-governamental, bastante interessantes.

O estado norte-americano da Califórnia, através do *California Air Resources Board* promove a utilização de veículos ecológicos, tendo criado para o efeito a página *Drive Clean* [17], onde é possível realizar uma pesquisa por veículos considerados “limpos”. Para além disso, é disponibilizada ainda informação sobre as várias tecnologias alternativas de propulsão, curiosidades, questões úteis e até pesquisa por incentivos à utilização destes veículos.

Nota ainda para o *website Green Vehicle News* [31], cuja listagem de veículos ecológicos por marca é de particular interesse para o utilizador que deseje procurar informação adicional sobre veículos ambientalmente mais limpos. Possui ainda uma secção informativa sobre tecnologia e notícias ligadas ao tema.

Confrontando as diversas metodologias já existentes, é contudo notória a ausência de ferramentas que permitam ao utilizador nomeadamente, ter a noção do consumo total de energia e das emissões de dióxido de carbono de um dado veículo durante todo o seu ciclo

de vida (incluindo fabrico e reciclagem). É portanto, dada exclusivamente ênfase à fase de utilização da viatura.

Com este projecto, pretende-se preencher esta lacuna, incorporando a ACV na aplicação disponibilizada. A escolha do simulador incluído com a aplicação recaiu, como já mencionado, sobre o MOVES [43], uma vez que este faz parte integrante de um projecto bastante ambicioso da EPA, que pretende tornar este *software* uma referência ímpar para o sector dos transportes. Num só aplicativo será possível efectuar o que actualmente apenas é possível com o recurso a vários simuladores. Apesar de a versão do MOVES incorporada ser apenas uma versão de teste, com as consequentes limitações que daí advêm, esta permite verificar o potencial da aplicação, cuja concepção, à data, se encontra ainda em desenvolvimento.

Igualmente numa tentativa de melhorar e de enaltecer e reutilizar material já existente, o paradigma seguido conduz necessariamente a semelhanças e a diferenças relativamente às diversas metodologias apresentadas. Importa salientar, assim, que o contributo de todos é fundamental para que se atinjam os objectivos de melhorar o estado actual dos transportes e da qualidade ambiental. Só com um esforço conjunto e com múltiplas fontes de informação é possível passar a mensagem ao cidadão.

3. Metodologia

Devido à quantidade de informação abordada neste capítulo, optou-se por um esquema em árvore, isto é, os subcapítulos principais estão por sua vez subdivididos em secções e assim sucessivamente, com o intuito de particularizar temáticas que de outro modo ficariam dispersas no texto, sendo a sua compreensão porventura afectada. De seguida, na figura 3-1, representa-se um esquema com a organização da metodologia no geral.

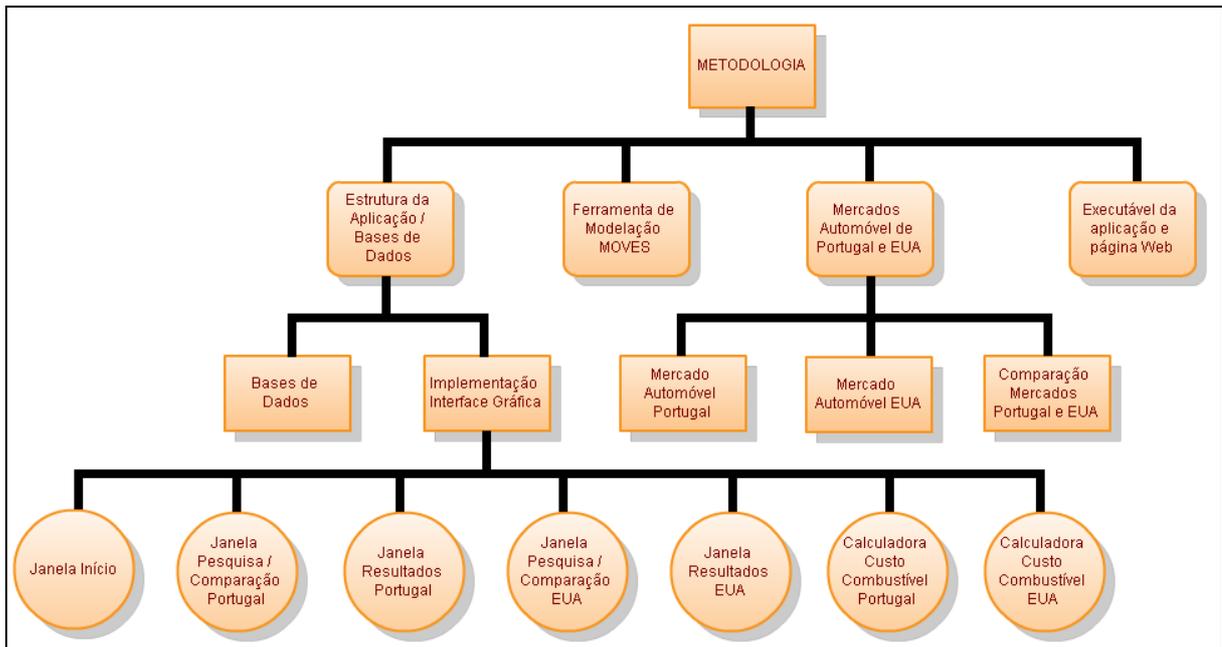


Figura 3-1 – Organização da Metodologia.

3.1 – Estrutura da aplicação / bases de dados

3.1.1 – Bases de Dados

A informação é um recurso vital e de extrema importância. Por esse motivo, cinco princípios básicos nortearam a concepção e execução do presente projecto, no que a qualidade da informação diz respeito. São eles [10]:

- Actualidade: A informação deve ser o mais actual possível para facilitar o processo de tomada de decisão.
- Correção: A informação deve ser correcta.
- Relevância: A informação ao dispor deve ser devidamente seleccionada e filtrada de modo a usar apenas aquela que é relevante para a tomada de decisão do utilizador.
- Disponibilidade: A informação deve estar disponível e acessível.
- Legibilidade: A informação deve ser fornecida de tal modo que seja facilmente interpretada pelos seus destinatários.

Por ser uma área tão vasta e onde a informação surge de diversas fontes, criar um sistema de informação sobre veículos automóveis pode nem sempre conduzir inicialmente aos

melhores resultados. De facto, apesar da abundância de informação, não é fácil garantir a sua qualidade, nomeadamente a sua veracidade e actualidade.

Assim, a estratégia inicial passou por catalogar todas as marcas vendidas em Portugal oficialmente (por intermédio do website da ACAP) e procurar as informações pretendidas junto ou das páginas Web (portuguesas) do fabricante ou junto dos representantes legais das mesmas. Mas como mais tarde se viria a verificar esta tarefa revestiu-se de uma enorme complexidade, uma vez que nem sempre se conseguiam encontrar todos os modelos oficialmente registados, nem as informações necessárias à execução da base de dados. Como nem em todos os casos a informação se encontra disponível e actualizada, isto torna o processo de recolha da mesma bastante demorado e ocasionalmente incongruente, o que pesou significativamente na decisão de abandonar esta linha de execução. Foi então seguida outra estratégia: adoptar o Guia de Economia de Combustível (disponibilizado gratuitamente pela DGV) como a fonte de informação para a base de dados de Portugal. Uma rápida análise ao documento permitiu concluir que este dispunha de todas as informações necessárias à montagem da base de dados (com a excepção da classe de portagem do veículo, tendo esta que ser impreterivelmente obtida recorrendo a outra estratégia – revista Auto Motor de Maio de 2008 [5]). Apesar de existirem dados em falta neste mesmo guia e até alguns erros, os benefícios decorrentes da sua adopção ultrapassavam os anteriormente obtidos, especialmente em termos de tempo de execução da base de dados. No entanto, de frisar que se tentou reduzir ao mínimo a propagação de erros, isto é, em caso de dúvida face aos dados ou a presença de erro óbvio nos mesmos, procedeu-se a uma avaliação e tentou obter-se sempre a melhor informação.

Uma das áreas em que o guia não é totalmente explícito e completo diz respeito a veículos alternativos, pelo que a obtenção de informação relativa a este tipo de veículos passou por uma pesquisa mais aprofundada, nomeadamente no que se coaduna com as suas características. [3, 23]

Note-se também que os dados presentes no Guia de Economia de Combustível são da responsabilidade das marcas, pelo que eventuais falhas e/ou omissões são da responsabilidade dos representantes legais das mesmas. Todavia, este guia constitui um documento oficial, por isso deve ser considerado credível.

Para a base de dados norte-americana a linha de abordagem seguida foi exactamente a mesma, adoptando-se o *Green Vehicle Guide* (disponibilizado pela EPA), como fonte. Veículos alternativos não se encontram realçados de modo especial, mas quer pelo nome do modelo quer pelo senso comum (todos reconhecem o modelo Prius da Toyota como sendo um híbrido) é possível reconhecê-los. Porém, existe uma classificação porventura ainda mais importante para todos os veículos: *SmartWay* e *SmartWay Elite* [52]. Estas classificações permitem ao cidadão ter conhecimento de quais os veículos mais económicos e ecológicos disponíveis no mercado. O fundamental não é encorajar o cidadão a comprar um veículo alternativo, mas sim um veículo ecológico, sendo que por vezes as soluções mais tradicionais também podem ser tanto ou mais ecológicas e económicas que as alternativas.

Depois de obtidas as informações relativas aos mercados, a fase seguinte, seguindo uma sequência lógica, foi a de projectar e construir (organizadamente) as bases de dados para Portugal e para os EUA (sem isso não seria possível iniciar a construção da interface).

Entenda-se base de dados como sendo uma colecção de informação estruturada, organizada e armazenada de forma *persistente* por uma aplicação informática (Sistema Gestor de Bases de Dados - SGBD). O termo *persistente* significa que os dados continuam a existir após (a) terminar a aplicação que os gere, (b) terminar a sessão do utilizador e (c) desligar o computador. [10]

Para que se construa uma base de dados correctamente é necessário que se conheçam *a priori* as características da aplicação, para que das tabelas que a compõe seja possível retirar a informação pretendida, sem falhas. Assim, listam-se de seguida as principais características da aplicação:

- Possibilidade de escolha em menu inicial do mercado automóvel a pesquisar (americano ou português);
- Pesquisa para o mercado português por marca, transmissão, tipo de combustível, classe de portagem, modo de propulsão e intervalo de cilindrada, de emissão de CO₂, de consumo urbano, de consumo extra-urbano e de consumo combinado;
- Pesquisa para o mercado norte-americano por marca, transmissão, tipo de combustível, tipo de tracção, categoria de veículo, área de venda, standard de emissões, intervalo de cilindrada, *SmartWay* e *SmartWay Elite*;
- Possibilidade de executar um reinício à pesquisa sempre que o utilizador o desejar;
- Existência de painel informativo com informações úteis, curiosidades e dicas de como economizar combustível e conduzir correctamente;
- Disponibilização ao utilizador, sempre que se justifique, de menus de ajuda com instruções e informações úteis. Disponibilização também de um glossário de termos;
- Inclusão de secção onde o utilizador possa calcular o custo em combustível para percorrer uma dada distância, de acordo com o veículo que seleccionar – a introdução de dados deverá ser manual sendo apenas realizado pela aplicação o cálculo;
- Possibilidade de comparar até três veículos, sendo os resultados da comparação disponibilizados de forma gráfica;
- Permitir ao utilizador aceder à aplicação MOVES para realizar uma ACV. Esta opção deve encontrar-se visível durante a apresentação de resultados e no menu de comparação. Uma vez inicializado, o simulador é totalmente independente da aplicação, pelo que um menu de ajuda deve ser disponibilizado, com um exemplo de uso do simulador;
- Interface atractiva, procurando-se que seja intuitiva e o mais simples possível, para que esteja acessível a qualquer pessoa, independentemente do conhecimento informático que possua;
- A aplicação deve possibilitar que ao fechar a janela de resultados se regresse à janela de pesquisa/comparação;
- Na presença de erros resultantes da execução da aplicação, nomeadamente durante a conexão à BD, o utilizador deve ser informado da existência dos mesmos, sem que nunca ocorra o “*crash*” da aplicação.

Depois de definidos os requisitos, procede-se então à elaboração da base de dados. Para a criação de uma BD é necessário que se adopte um modelo que a reja. Entenda-se por

modelo de base de dados a teoria ou especificações descrevendo como esta está estruturada e é usada. Entre os modelos existentes encontram-se o modelo plano, o hierárquico, o de rede, o relacional, o dimensional e os modelos baseados em objectos (mais recentes) [40]. No entanto, o modelo relacional, proposto por Edgar Frank Codd [7], é indiscutivelmente o modelo de referência, de tal modo que todo o *software* comercial de gestão de bases de dados opera segundo este. Para além de a sua introdução em 1969-70 ser considerada por si só o evento mais importante de toda a história do campo das bases de dados, este modelo está solidamente construído segundo as leis da Lógica e da Matemática, o que o torna o veículo ideal para dar a conhecer as fundações e os princípios de uma BD [11]. A linguagem SQL (*Structured Query Language*), usada para as gerir, foi inclusive criada a pensar neste modelo, sendo hoje um *standard* internacional [11].

O Modelo Relacional, de forma muito simplista, caracteriza-se por [11]:

1. Os dados são percebidos pelo utilizador como tabelas (e nada mais que tabelas).
2. Os operadores disponíveis para nomeadamente recuperar dados são operadores que derivam “novas” tabelas das “antigas”. Por exemplo, existe um operador, *restrict*, que extrai um conjunto de linhas de uma dada tabela e outro, *project*, que extrai um conjunto de colunas – e um conjunto de linhas e um conjunto de colunas podem ser ambos considerados tabelas.

O processo de implementação de uma BD relacional segue uma ordem bem definida: construção do diagrama de classes, diagrama relacional, normalização, e por fim, construção da BD no SGBD. O primeiro passo foi então a criação do diagrama de classes, de acordo com o Modelo Entidade-Relação (E-R), que requer um conjunto de elementos essenciais [10]:

- Entidades: conjunto de elementos com a mesma estrutura e existência autónoma.
- Atributos: definem a estrutura de uma entidade.
- Relações: descrevem associações relevantes entre as entidades.
- Atributos de uma relação: como o próprio nome indica a uma dada relação pode estar associado um atributo.

As inúmeras entidades e respectivos atributos da BD do projecto são as seguintes:

PORTUGAL

Marca

- Nome da marca
- Endereço WEB

Modelo / Versão

- Cilindrada
- Potência [cv]
- N° de velocidades
- Consumo Urbano (litros/100 Km)
- Consumo Extra-Urbano (litros/100 Km)
- Consumo Combinado ou Misto (litros/100 Km)

- Emissão de CO₂ (g/Km)
- Ano a que se referem os dados
- Mercado
- Preço

Combustível

- Sigla do combustível
- Designação da sigla

Transmissão

- Sigla da transmissão
- Designação da sigla

Categoria

- Sigla da categoria
- Designação da sigla

Modo de Propulsão

- Nome do modo de propulsão
- Descrição do modo

EUA

Maker

- Maker Name
- Website

Sales Area

- Sales Area Name
- Sales Area Description

Standard

- Emission Standard Name
- Standard Description

Transmission

- Transmission Name
- Transmission Description

Vehicle Class

- Vehicle Class Name

Fuel

- Fuel Name

Drive

- Drive Name
- Drive Description

- Model
- Model Name
 - Displacement
 - Cylinders
 - Underhood ID
 - Air Pollution Score
 - City MPG (Miles Per Gallon)
 - Highway MPG
 - Combined MPG
 - Greenhouse Gas Score
 - SmartWay

Os diagramas de classes da aplicação encontram-se nas figuras 3-2 e 3-3. As relações entre entidades (que posteriormente darão origem a tabelas) são todas do tipo “um para muitos” (sendo o lado “muitos” caracterizado pelo símbolo $\text{—}\llcorner$), isto é, a um registo de uma dada tabela podem corresponder vários registos da outra. Entenda-se por registo uma nova entrada numa tabela, o que pressupõe o preenchimento dos campos que lhe estão associados.

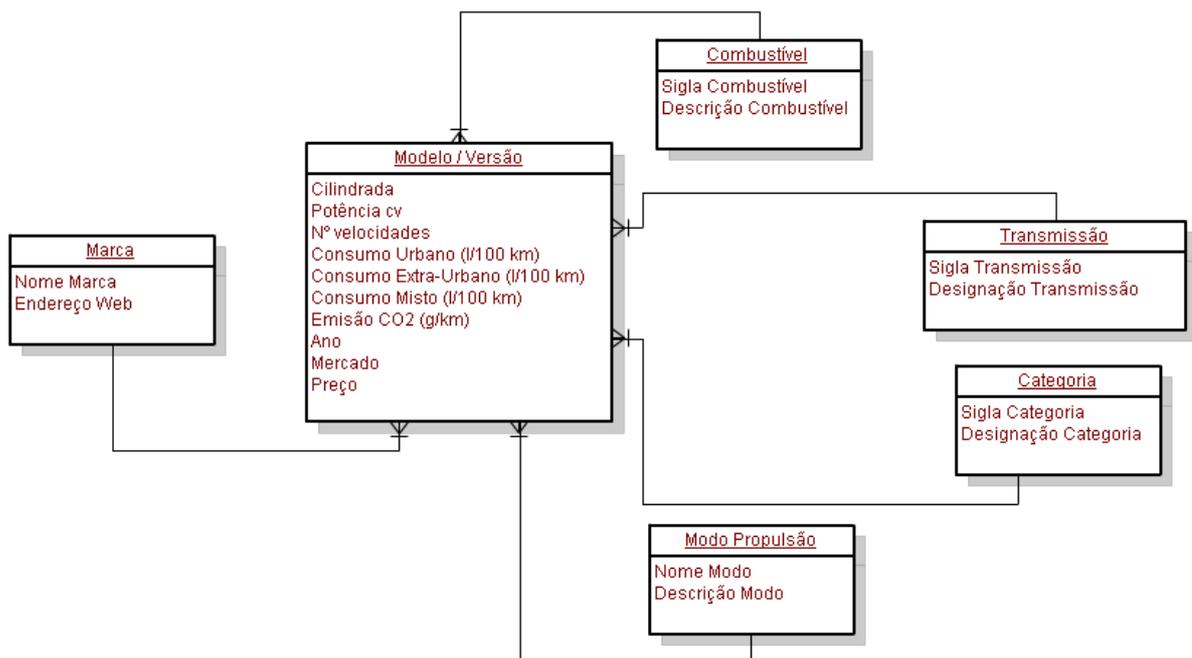


Figura 3-2 – Diagrama de Classes para a base de dados de Portugal.

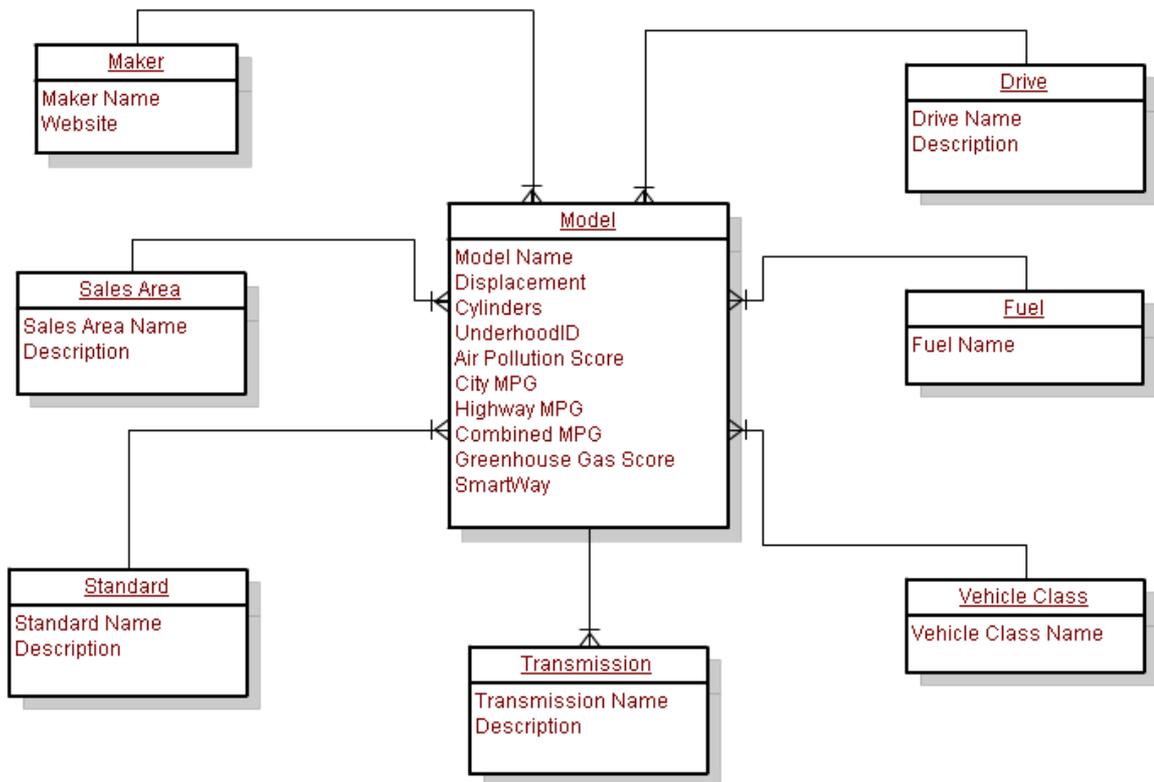


Figura 3-3 – Diagrama de classes para a base de dados dos EUA.

Depois de construídos os diagrama de classes, procede-se à elaboração dos diagramas relacionais a partir destes. Estes diagramas representam fielmente todas as tabelas (ou relações), chaves (que relacionam as tabelas entre si) e campos que compõem as BD.

Neste ponto é útil introduzir o conceito de chave. Existem quatro tipos de chaves [11]: chave candidata, chave primária, chave alternativa e chave estrangeira. No entanto, as mais mencionadas, no âmbito desta temática, são as chaves primárias e as chaves estrangeiras, das quais se apresenta uma breve definição de seguida:

- Chave primária – *Primary Key* (PK): Sub-conjunto dos atributos de uma entidade para os quais não existem dois *tuples* com a mesma combinação de valores. Entenda-se *tuple* como uma entrada de uma dada tabela. Não é possível retirar nenhum atributo mantendo a restrição de unicidade. Muitas vezes é possível identificar mais do que uma chave candidata para uma entidade. Em dúvida entre dois conjuntos de atributos candidatos a chave primária, deve optar-se por seleccionar o conjunto mais pequeno em número e em tamanho dos mesmos, bem como o mais conveniente para os utilizadores.
- Chave estrangeira ou externa – *Foreign Key* (FK): Um atributo que designe um *tuple* numa outra entidade.

Para que este diagrama tenha sido conseguido através do modelo E-R atrás mencionado, vários passos foram tomados em consideração:

1. Uma entidade é transformada numa tabela – os atributos de uma entidade dão origem a colunas na tabela, tendo em atenção o tipo de dados (*string*, número, etc), a obrigatoriedade (NULL ou NOT NULL) e valores por defeito (DEFAULT).
2. Definir a chave primária das entidades independentes.
3. Para as entidades dependentes, acrescentar a chave primária entidade pai como chave primária das entidades dependentes e classificá-las igualmente como chave externa.
4. Para as relações de associação, copiar a chave primária de cada uma das entidades associadas e defini-las como chaves externas.
5. Para uma relação de associação do tipo “um para muitos”, copiar a chave primária da entidade do lado “um” para a entidade do lado “muitos” e definir a chave externa correspondente.
6. Verificar se as estruturas de dados criadas estão normalizadas, tendo particular atenção à 1NF (1ª forma normal), 2NF (2ª forma normal) e 3NF (3ª forma normal).
7. Utilizar uma notação adequada para os nomes das tabelas e dos atributos, de forma a facilitar a manutenção da BD:
 - utilizar um prefixo para o nome de cada tabela;
 - utilizar o mesmo prefixo para o nome dos atributos de uma tabela;
 - dar o mesmo nome da chave primária da tabela relacionada a um atributo definido como chave externa, acrescentando-lhe o prefixo da tabela a que pertence;

Na construção das tabelas e das relações entre elas várias regras ou normas se devem verificar. A normalização das mesmas é imprescindível para que se eliminem redundâncias, de modo a que se mantenha a integridade dos dados e se melhore a performance do sistema. Deste modo, um bom princípio quando se constrói uma BD é pensar sempre “um facto, um só lugar”, *i.e.* evitar redundâncias. [11] Em suma, o objectivo da normalização é o de organizar os dados passo a passo, de forma a eliminar potenciais problemas durante o acesso e actualização.

São seis as principais formas normais – *normal forms* (NF), embora na maioria dos casos nem todas necessitem de ser aplicadas para que se obtenha uma BD normalizada. Atente-se no facto de que para uma BD se encontrar *p.e.* na segunda forma normal (2NF) necessita de estar igualmente na primeira forma normal (1NF), e assim sucessivamente. Essencial ainda é o facto de o processo ser reversível, isto é, a partir de uma forma normal de nível mais elevado é possível obter a de nível inferior, o que significa que o processo de normalização não permite a perda de dados e preserva sempre a informação [11]. As três primeiras formas normais foram introduzidas por E. F. Codd [8], embora a terceira forma normal tenha sido mais tarde (em 1974) reformulada por Boyce e Codd para lidar com alguns tipos de anomalias não contempladas pela definição original da 3NF [9], o que deu origem a uma nova terceira forma normal, apelidada de *Boyce-Codd Normal Form* (BCNF). Apesar de o crédito ser dado a Boyce e Codd, a primeira definição do que hoje se conhece como BCNF apareceu num artigo da autoria de I. Heath em 1971 [34], como refere Chris Date [12]. Posteriormente, Fagin [22] propôs ainda duas novas formas

normais. Por questões de aplicabilidade neste projecto, apenas se definem de seguida (resumidamente) as três primeiras formas normais propostas inicialmente por Codd [7]. São elas [10]:

1NF – Uma entidade encontra-se na 1ª forma normal se não contém grupos repetitivos, isto é, se numa mesma linha de uma tabela, cada coluna contém apenas um único valor (inclusive pode ser o valor NULL) e este é atómico (ou seja, não pode ser decomposto noutra conjunto de valores);

2NF – Uma entidade encontra-se na 2ª forma normal, se estiver na 1ª forma normal e se todos os atributos não chave são funcionalmente dependentes da chave primária (no seu todo) dessa tabela;

3NF – Uma entidade encontra-se na 3ª forma normal, se estiver na 2ª forma normal e todos os atributos não constituintes da chave primária forem mutuamente independentes.

Depois de normalizados os dados, o diagrama relacional para a BD de Portugal é o exposto na figura 3-4 e para a BD dos EUA o exposto na figura 3-5.

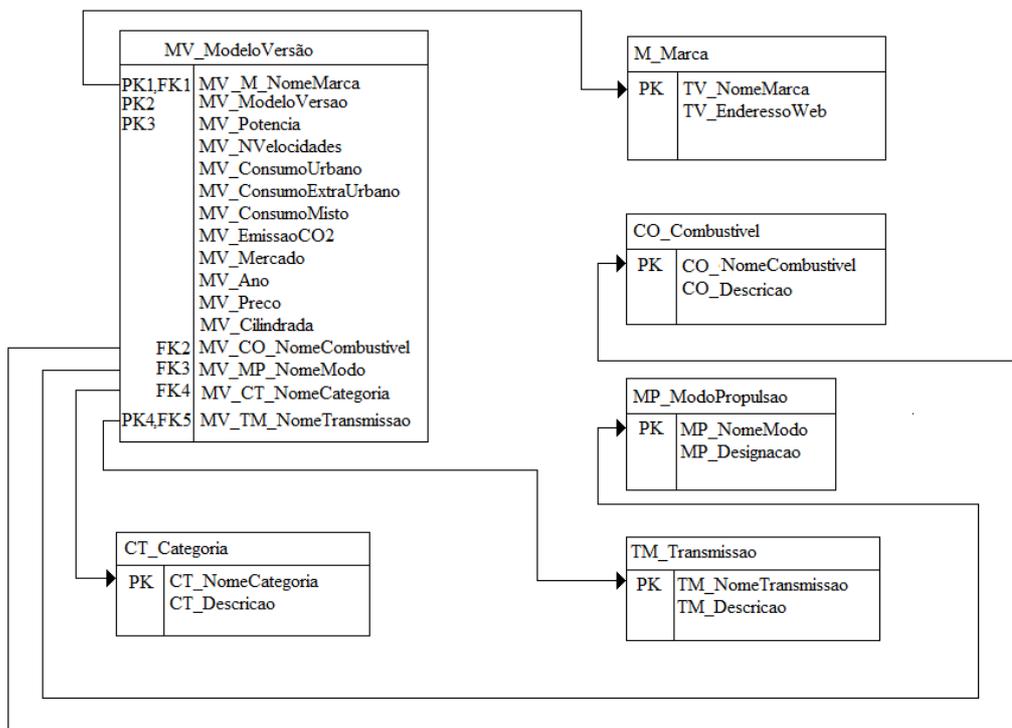


Figura 3-4 – Diagrama Relacional para a base de dados de Portugal

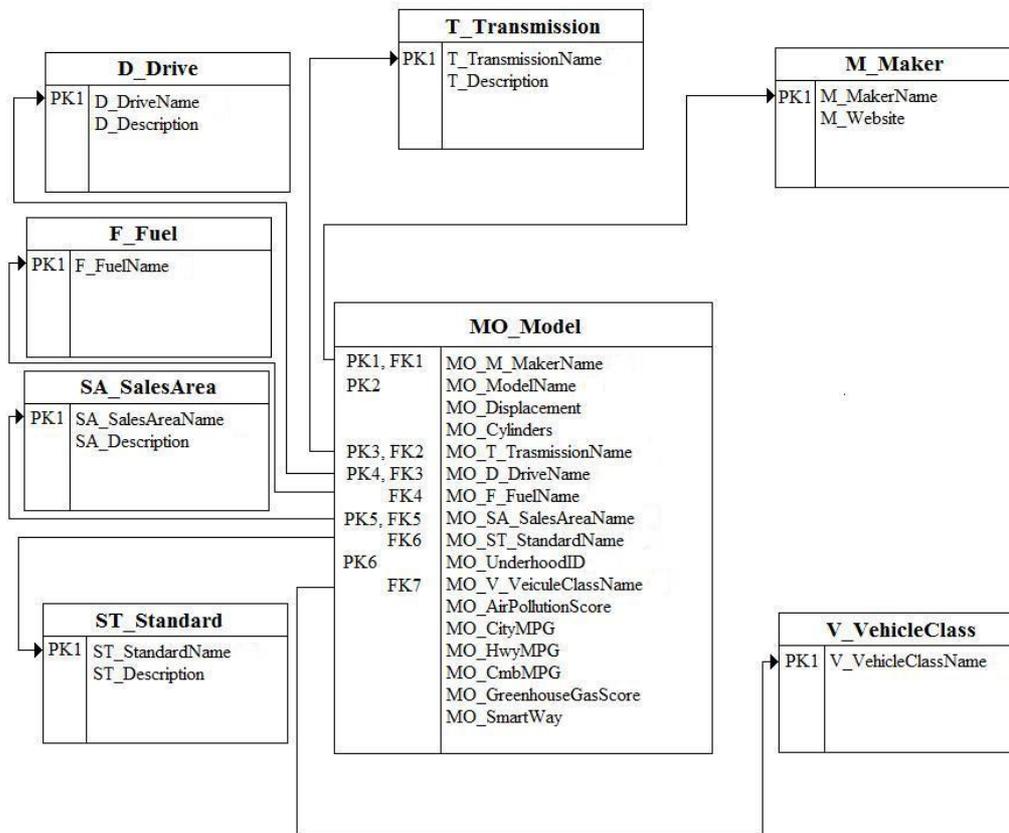


Figura 3-5 – Diagrama Relacional para a base de dados dos EUA.

Para que se consigam obter informações e realizar operações sobre uma BD é necessário comunicar com ela, fazendo-o de forma concisa e precisa, de modo a que esta possa responder de acordo com o pretendido. Para isso existe a linguagem SQL, atrás citada. As suas origens datam dos inícios dos anos 70 quando Donald D. Chamberlin e Raymond F. Boyce da IBM criaram a *Structured English Query Language* (SEQUEL) [6] para manipular e estruturar dados no primeiro sistema relacional, *System R*, baseado no modelo introduzido por E. F. Codd [7]. Mais tarde esta tornar-se-ia um standard, primeiro adoptado pela *American National Standards Institute* (ANSI) em 1986 e subsequentemente pela *International Organization for Standards* (ISO) em 1987, sendo a sua designação desde então SQL.

Com a linguagem SQL é possível [10]:

- Criar, Alterar e Remover todas as componentes de uma Base de Dados, como tabelas, *views*, índices, etc;
- Inserir, Alterar e Apagar dados;
- Interrogar a Base de Dados;
- Controlar o acesso dos utilizadores à Base de Dados e as operações a que cada um deles pode ter acesso;
- Obter a garantia de consistência e integridade dos dados.

Esta linguagem, de índole declarativa (em oposto à natureza procedimental de outras habituais linguagens), pode ser porventura mais lenta a executar, mas é mais flexível, pois os seus elementos são referenciados através de um nome perceptível e não através de uma posição física em disco ou memória.

A linguagem SQL é constituída por três sublinguagens:

- DML (*Data Manipulation Language*) – Principais comandos: SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE
- DDL (*Data Definition Language*) – Principais comandos: CREATE, ALTER, DROP
- DCL (*Data Control Language*) – Principais comandos: GRANT, REVOKE

Uma breve referência a cada um dos comandos acima citados e especificação de cláusulas úteis a si associadas pode ser consulta em anexo (Anexo A.1).

Para a concepção da aplicação, nem todos os comandos e cláusulas existentes foram necessários. No que concerne a comandos, apenas os SELECT e CREATE se mostraram úteis, o primeiro para formular as interrogações (*queries*) e o segundo para criar as tabelas (embora apenas por uma questão de organização e metodologia, pois as tabelas podem ser criadas graficamente através do próprio SGBD – no caso o MySQL Query Browser, sem existir necessidade de recorrer directamente a instruções SQL). Relativamente a cláusulas, as de importância substancial para o presente projecto foram: FROM, WHERE, DISTINCT e ORDER BY. Se as restantes cláusulas são de utilização universal, isto é, estão presentes em todas as *queries*, a cláusula DISTINCT tem uma aplicabilidade mais reduzida, mas ainda assim, de vital importância. Por permitir eliminar repetições dos resultados é ideal para o menu de comparação, onde é fundamental que o utilizador possa escolher um veículo efectivamente existente na BD, sem ambiguidades. Por exemplo, apesar de na tabela “M_Marca” da BD de Portugal estarem registadas todas as marcas, isso não obriga a que a uma dada marca estejam associadas entradas na tabela “MV_ModeloVersao”. Para além disso, esta última tabela relaciona todas as outras que constituem a BD (por intermédio das chaves estrangeiras), pelo que toda a informação útil se encontra registada nesta tabela. Como se pode ver pela figura 3-6, a uma dada marca estão associados vários modelos, cada um com as suas características próprias.

The screenshot shows a MySQL Query Browser window with the following data in the 'Resultset 1' table:

MV_M_NomeMarca	MV_ModeloVersao	MV_NVelocida...	MV_CO_NomeComb
AUDI	A8 S8 5.2 FSI QUATTRO - 4P	A	6 GAS
AUDI	Q7 3.0 TDI QUATTRO TIPTRONIC (FPD) - 5P	A	6 DIE
AUDI	Q7 3.6 FSI QUATTRO - 5P	M	6 GAS
AUDI	Q7 3.6 FSI QUATTRO TIPTRONIC - 5P	A	6 GAS
AUDI	Q7 4.2 FSI QUATTRO - 5P	A	6 GAS
AUDI	Q7 4.2 TDI QUATTRO (FPD) - 4P	A	6 DIE
AUDI	R8 4.2 FSI - 2P	M	6 GAS
AUDI	R8 4.2 FSI R TRONIC - 2P	A	6 GAS
AUDI	TT COUPE 2.0 TFSI - 2P	M	6 GAS
AUDI	TT COUPE 2.0 TFSI S TRONIC - 2P	A	6 GAS
AUDI	TT COUPE 3.2 QUATTRO - 2P	M	6 GAS
AUDI	TT COUPE 3.2 QUATTRO S TRONIC - 2P	A	6 GAS
AUDI	TT ROADSTER 2.0 T FSI - 2P	M	6 GAS
AUDI	TT ROADSTER 2.0 TFSI S TRONIC - 2P	A	6 GAS
AUDI	TT ROADSTER 3.2 QUATTRO - 2P	M	6 GAS
AUDI	TT ROADSTER 3.2 QUATTRO S TRONIC - 2P	A	6 GAS
BENTLEY	ARNAGE RED LABEL - 4P	A	4 GAS
BENTLEY	ARNAGE T 460CV - 4P	A	4 GAS
BENTLEY	AZURE CABRIOLET - 2P	A	4 GAS
BENTLEY	AZURE MULLINER - 2P	A	4 GAS
BENTLEY	CONTINENTAL GT COUPE - 2P	A	6 GAS
BENTLEY	CONTINENTAL R - 2P	A	4 GAS
BENTLEY	CONTINENTAL R MULLINER - 2P	A	4 GAS
BENTLEY	CONTINENTAL T - 2P	A	4 GAS
BENTLEY	CONTINENTAL T MULLINER - 2P	A	4 GAS
BMW	M3 - M346 CABRIO M3 - 2P	M	6 GAS
BMW	M3 - M346 COUPE M3 - 2P	M	6 GAS

Figura 3-6 – Ilustração do aspecto da tabela “MV_ModeloVersao” da base de dados “siauto”.

Para que o utilizador possa, deste modo, seleccionar cada modelo, um a um, é então necessário que se eliminem as repetições dos resultados. Consequentemente, no menu de comparação é usada a cláusula DISTINCT, que apresenta uma só ocorrência de cada marca, modelo, transmissão e potência (figura 3-7), para a secção portuguesa da aplicação. O mesmo raciocínio é aplicado na secção norte-americana.

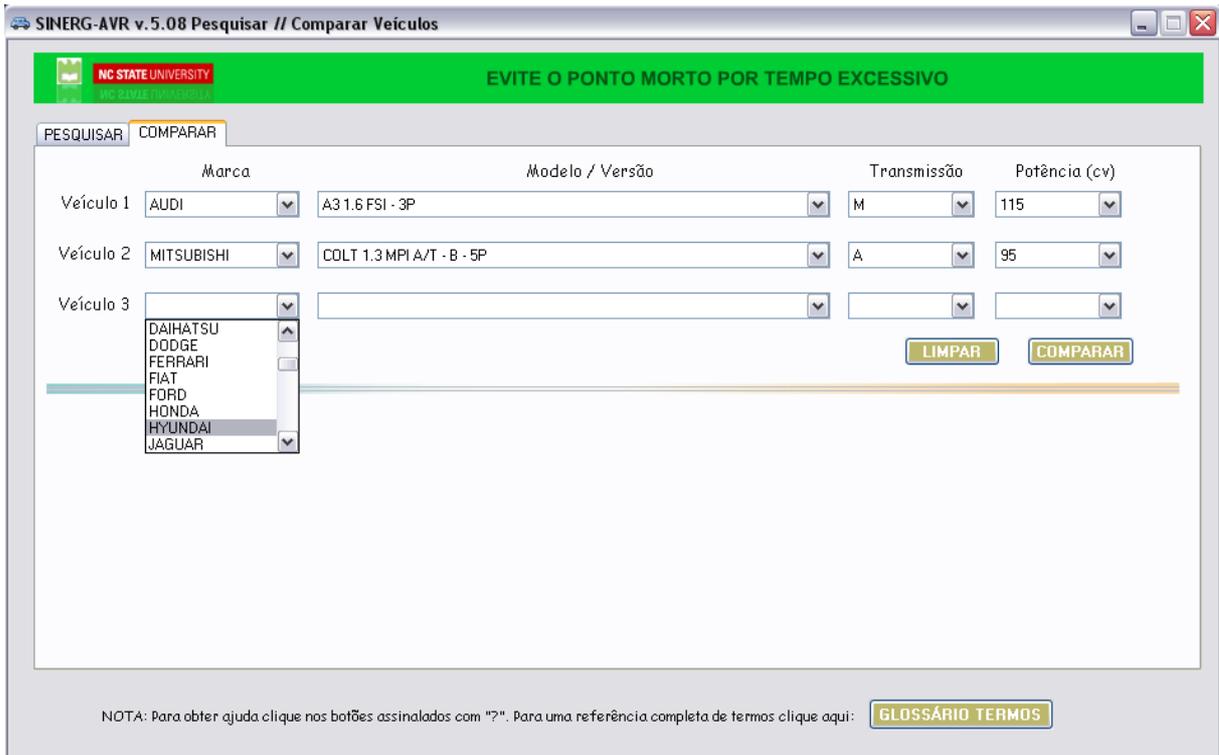


Figura 3-7 – Menu Comparar da versão portuguesa da aplicação.

Devido à natureza da aplicação, em que para o utilizador apenas estará disponível a opção de visualizar os dados, a BD não necessita de instruções INSERT e/ou UPDATE, nem de ter restrições de acesso, pois a alteração dos dados não constitui nenhuma violação de direitos de autor e a sua função é meramente informativa, não possuindo cariz económico.

Também devido à forma como está organizada e foi construída a BD, as instruções SQL usadas no âmbito deste projecto são na sua essência bastante simples. Apesar de a informação relevante estar organizada por várias tabelas, as suas chaves primárias nunca são números, o que, juntando ao facto de existirem chaves estrangeiras a relacioná-las, elimina a necessidade do uso de instruções do tipo JOIN, cuja sintaxe é um pouco mais complexa.

Assim, as instruções usadas são, na sua forma mais extensa, do tipo:

```
SELECT (DISTINCT) [Campo1 AS Designação1, ..., Campon AS Designaçãon]
FROM [Tabela1, ..., Tabelak]
WHERE [condição]
ORDER BY [...] ASC (DESC)
```

Um exemplo desta estrutura encontra-se representado na figura 3-8.

```
SELECT m.mv_m_nomemarca AS Marca, m.mv_modeloversao AS Modelo_Versao
FROM mv_modeloversao m
WHERE m.mv_m_nomemarca = "TOYOTA" OR m.mv_m_nomemarca = "FERRARI"
ORDER BY m.mv_m_nomemarca ASC
```

Figura 3-8 – Query exemplo, representando a sintaxe padrão usada na programação da aplicação.

A execução desta *query* originará uma nova tabela com apenas duas colunas, de nome “Marca” e “Modelo_Versao”, onde figurarão os modelos da marca “Ferrari” e “Toyota”, ordenados alfabeticamente, de forma ascendente (isto é, de cima para baixo), por marca.

O SGBD escolhido para gerir as bases de dados, MySQL 5, caracteriza-se por ser uma ferramenta *open source* de enorme notoriedade e desenvolvimento exponencial. O MySQL encontra-se hoje em funcionamento em todos os Continentes e é conhecido pela sua performance, alta fiabilidade e facilidade de uso. Empresas como a Yahoo!, Alcatel-Lucent, Google, Nokia, YouTube e Zappos.com [44] são apenas algumas das que aderiram a este *software*.

Na posse de todas as ferramentas citadas até ao momento (sobretudo o Guia de Economia de Combustível, o Green Vehicle Guide, os diagramas relacionais e a linguagem SQL) foi possível criar efectivamente as bases de dados, de nome “siauto”, isto é, “Sistema de Informação Automóvel” e “siauto_usa”, ou seja, “Sistema de Informação Automóvel EUA”.

Apesar de as BD, as tabelas, as designações das chaves primárias e estrangeiras e a atribuição de tipos (*string*, número, etc) e outras especificidades dos campos ter sido realizada de modo gráfico, por uma questão de organização e de melhor compreensão, foram gerados scripts (ou seja, um conjunto de instruções) com todos comandos envolvidos no processo de criação da BD (Anexo A.2).

Um dos aspectos mais importantes aquando da definição dos campos de uma BD é o tipo de dados que se pretende armazenar nesses mesmos campos. Por esse motivo, especial atenção foi prestada a esta tarefa.

Independentemente de o campo ser do tipo numérico ou do tipo *string* (caracteres) deve procurar-se sempre definir o tipo de dados que maximize a eficiência e/ou a performance da BD, procurando portanto escolher o que ocupe menos espaço em disco e/ou seja de recuperação mais rápida.

Por análise do manual da aplicação MySQL [46], é possível consultar quais os tipos de dados suportados e qual o espaço em disco que reservam para si. Com base nesta documentação foram então tomadas decisões. De seguida apresentam-se nas tabelas 3-1 e 3-2 os tipos de dados numéricos e *string* suportados pelo MySQL e qual o espaço em disco que ocupam.

Tabela 3-1 – Tipos de dados numéricos suportados pelo SGBD MySQL e espaço em disco de que necessitam.

Data Type	Storage Required
TINYINT	1 byte
SMALLINT	2 bytes
MEDIUMINT	3 bytes
INT, INTEGER	4 bytes
BIGINT	8 bytes
FLOAT (p)	4 bytes if $0 \leq p \leq 24$, 8 bytes if $25 \leq p \leq 53$
FLOAT	4 bytes
DOUBLE [PRECISION], REAL	8 bytes
DECIMAL (M, D), NUMERIC (M, D)	Varies;

Fonte: MySQL Reference Manual [46]

Tabela 3-2 – Tipos de dados de armazenamento de texto suportados pelo SGBD MySQL e espaço em disco de que necessitam.

Data Type	Storage Required
CHAR (M)	$M \times \nu$ bytes, $0 \leq M \leq 255$, where ν is the number of bytes required for the maximum-length character in the character set
BINARY (M)	M bytes, $0 \leq M \leq 255$
VARCHAR (M), VARBINARY (M)	$L + 1$ bytes, $0 \leq L \leq 255$
TINYBLOB, TINYTEXT	$L + 1$ bytes, where $L < 2^8$
BLOB, TEXT	$L + 2$ bytes, where $L < 2^{16}$
MEDIUMBLOB, MEDIUMTEXT	$L + 3$ bytes, where $L < 2^{24}$
LONGBLOB, LONGTEXT	$L + 4$ bytes, where $L < 2^{32}$
ENUM ('value1', 'value2', ...)	1 or 2 bytes, depending on the number of enumeration values (65,535 values maximum)
SET ('value1', 'value2', ...)	1, 2, 3, 4, or 8 bytes, depending on the number of set members (64 members maximum)

Fonte: MySQL Reference Manual [46]

Para o campo “MV_NVelocidades” foi escolhido o tipo TINYINT, pois para além de ser sempre um número inteiro, não é necessário mais do que um dígito para definir o nº de velocidades de um automóvel.

Por serem campos que necessitam, no máximo, de quatro dígitos, sempre inteiros, definiram-se os campos “MV_Ano”, “MV_Cilindrada” e “MV_Potencia” como SMALLINT, por ser o tipo de dados de menor capacidade que suporta este requisito. Note-se que ainda que seja necessário mais um dígito, tal continuará a ser possível, ou seja, não constituirá problema para aplicações futuras.

Já os campos “MV_ConsumoUrbano”, “MV_ConsumoExtraUrbano”, “MV_ConsumoMisto”, “MV_EmissaoCO2” e “MV_Precos”, por permitirem números fraccionários, não podem ser definidos por um dos tipos de dados atrás mencionados, mesmo que nenhum destes campos tenha mais que três dígitos. Deste modo, o menor tipo de dados passível de aplicar a estes campos é o tipo FLOAT.

De referir o acrescento da especificação UNSIGNED para todos os campos numéricos acima mencionados, uma vez que não é permitida a existência de números negativos (tal não faria sentido no âmbito do projecto). Esta instrução, para além de funcionar como triagem, permite também aumentar o limite superior do intervalo de valores que pode armazenar, como se pode constatar pela tabela 3-3.

Tabela 3-3 – Efeito da instrução UNSIGNED em tipos de dados numéricos no SGBD MySQL.

Type	Bytes	Minimum Value	Maximum Value
		(Signed/Unsigned)	(Signed/Unsigned)
TINYINT	1	-128	127
		0	255
SMALLINT	2	-32768	32767
		0	65535
MEDIUMINT	3	-8388608	8388607
		0	16777215
INT	4	-2147483648	2147483647
		0	4294967295
BIGINT	8	-9223372036854775808	9223372036854775807
		0	18446744073709551615

Fonte: MySQL Reference Manual [46]

Igualmente importante foi a escolha do tipo *string* mais apropriado aos restantes campos da BD.

Um caso especial diz respeito aos campos “TM_NomeTransmissao” e “MV_TM_NomeTransmissao”, cujo tipo de dados especificado, ENUM, permite não só economizar espaço, como evitar que seja possível introduzir outro valor que não os que se encontrem enumerados numa dada lista, no caso, “A” para transmissão automática, “M” para transmissão manual e “-” para quando esta não se encontra especificada.

Para os restantes campos da BD, dois tipos de dados se mostraram passíveis de ser atribuídos, o tipo CHAR e o tipo VARCHAR. A diferença entre ambos é que enquanto o tipo CHAR ocupa sempre o mesmo tamanho em disco, independentemente de se ter um carácter ou o máximo permitido, o tipo VARCHAR ajusta o seu tamanho consoante o número de caracteres presente no campo. Perante estes factos, poder-se-ia ceder à tentação de escolher o tipo VARCHAR, uma vez que instintivamente pensar-se-ia que para além de economizar espaço em disco este conduziria a um aumento de performance. Porém, o tipo VARCHAR é uma excepção a esta regra, possuindo uma agravante que o seu homólogo não possui: por serem campos de tamanho variável, para cada entrada da tabela o servidor terá que examinar qual o tamanho do campo, tornando o processo mais demorado, o que não acontece com o tipo CHAR, pois como o tamanho é fixo o servidor sabe à partida que

cada uma das entradas tem sempre o mesmo tamanho, o que resulta num aumento de performance. Como o mais importante na presente aplicação é o problema “performance”, uma vez que esta possui um número considerável de entradas que necessitam por vezes de ser consultadas em simultâneo, optou-se pelo tipo CHAR.

Assim sendo, foram então definidos como CHAR(**n**) os demais campos, onde **n** representa o número máximo de caracteres que estes podem armazenar. Deste modo, tentou sempre definir-se um valor de **n** razoável, sem que se corresse o risco de os dados serem truncados, isto é, que se perdessem caracteres quando o número destes excedesse os limites definidos.

Uma adenda final para o campo “MV_Preco”, que apesar de figurar na base de dados não tomará parte activa nesta primeira versão da aplicação, ficando remetida a sua utilização para futuras versões.

Para a BD “siauto_usa” os critérios de definição de tipo de dados foram exactamente os mesmos que para a BD “siauto”. Para uma informação mas detalhada consultar scripts em anexo.

3.1.2 – Implementação da interface gráfica

Tendo por fim as bases de dados totalmente construídas, o passo lógico seguinte foi a criação da interface gráfica (GUI – *Graphical User Interface*). Para o efeito, a programação da interface foi realizada recorrendo ao *software* Microsoft Visual Basic.NET 2005 Express Edition – doravante designado de VB.NET.

É neste ponto fundamental referir que apesar de o projecto ter sido todo ele pensado e implementado meticulosamente e de modo a propiciar ao utilizador uma ferramenta de qualidade, a fase que mais tempo e esforço despendeu foi claramente a fase de construção da aplicação (GUI), isto porque esta constitui a face visível de todo o projecto e o meio pelo qual é transmitida a informação ao utilizador.

Por este último facto, é oportuno referir também que devido à quantidade e multiplicidade de estratégias de programação usadas, tornar-se-ia desinteressante focar cada uma delas em detalhe. Consequentemente, neste subcapítulo serão mencionadas apenas as principais linhas de abordagem aos problemas que surgiram.

Qualquer aplicação deve fruir de uma designação e também satisfazer um determinado conjunto de requisitos, para ser considerada de boa qualidade, isto é, para que satisfaça os seus utilizadores, tanto a nível visual como a nível funcional.

Quanto à designação escolhida para a aplicação, SINERG-AVR, esta representa um acrónimo de “Sistema de **IN**formação **EneRG**ético-**Amb**iental para **Ve**ículos **Ro**doviários”. A sua obtenção não foi fruto de mero acaso, uma vez que se tentou atribuir um segundo significado à sigla. Assim, “SINERG” remete para “sinergia”, cujo significado [53], “efeito resultante da acção de vários agentes que actuam de forma coordenada para um objectivo comum, cujo valor é superior ao valor do conjunto desses agentes se actuassem individualmente sem esse objectivo comum previamente estabelecido”, ilustra na perfeição as bases sobre as quais assenta o presente trabalho. Por fim, “AVR” remete para “Aveiro”, *i.e.*, Universidade de Aveiro, onde o presente projecto foi efectivamente realizado.

Jakob Nielsen, conceituado consultor na área da Usabilidade (que denota facilidade de uso, acessibilidade), refere dez heurísticas (regras não formais) com respeito a esta mesma temática, de substancial importância na concepção da aplicação SINERG-AVR. São elas [50]:

- Visibilidade do estado do sistema: O sistema deve manter sempre o utilizador informado do que se está a passar, por intermédio de um *feedback* apropriado e de um tempo de resposta adequado.

- Ligação entre o sistema e o mundo real: O sistema deve utilizar a mesma linguagem que o utilizador, com palavras, frases e conceitos familiares ao mesmo, ao invés de termos orientados para o sistema. Devem seguir-se as convenções do mundo real, fazendo com que a informação surja de forma natural e por uma ordem lógica.

- Controlo do utilizador e liberdade: Regularmente o utilizador é confrontado com situações em que escolhe determinada função existente no sistema por engano, o que o leva a procurar uma saída rápida desse estado. Devem suportar-se as opções “anular” e “avançar”.
- Consistência e padrões: Os utilizadores não devem ter que adivinhar quando diferentes palavras, situações ou acções significam a mesma coisa. Devem seguir-se as convenções da plataforma onde a interface opera.
- Prevenção de erros: Devem evitar-se condições que possam conduzir a um determinado erro ou procurá-las e fazer com que o utilizador tome conhecimento delas antes de continuar o seu trabalho.
- Reconhecer ao invés de relembrar: Devem manter-se objectos, acções e opções sempre visíveis, de modo a não sobrecarregar a memória do utilizador. Este não deve ter que reconhecer informação de uma parte da aplicação para outra. Instruções de uso do sistema devem estar visíveis ou facilmente acessíveis sempre que apropriado.
- Flexibilidade e eficiência de uso: Deve permitir-se que a aplicação seja versátil, isto é, que possa acomodar utilizadores novatos e utilizadores experientes, sem prejuízo para qualquer um deles. Por exemplo, o uso de aceleradores para um novato não faz sentido, mas para um utilizador experiente, é uma forma de aumentar a velocidade de interacção.
- Estética e design minimalista: As interfaces não devem conter informação irrelevante ou raramente necessária. Cada unidade extra de informação compete com as unidades relevantes da mesma, diminuindo a sua visibilidade.
- Ajudar utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros: As mensagens de erro devem ser expressas numa linguagem clara, indicando com precisão qual o problema e construtivamente sugerindo uma solução.
- Ajuda e documentação: Apesar de ser preferível que o sistema opere sem documentação, pode ser necessário que o mesmo forneça ajuda e documentação. Qualquer informação deste tipo deve ser fácil de pesquisar, focada na tarefa que o utilizador estiver a desempenhar, listar passos concretos a seguir e não ser demasiado extensa.

Como a aplicação acomodará dois mercados distintos, apesar de a estrutura e a organização dos conteúdos no ecrã ser essencialmente a mesma, foi necessário criar duas versões, uma em português, outra em inglês. As diferenças entre as versões são apenas mínimas, de forma a respeitar as informações recolhidas para os respectivos mercados automóveis. Por este motivo, as estratégias de abordagem e de programação são similares, sendo a organização do código e a sintaxe homólogas. Assim, qualquer estratégia doravante mencionada (salvo indicação específica) aplica-se a ambas as secções da aplicação, à secção do mercado automóvel de Portugal e à secção do mercado automóvel dos EUA. Um diagrama esquemático da aplicação encontra-se na figura 3-9.

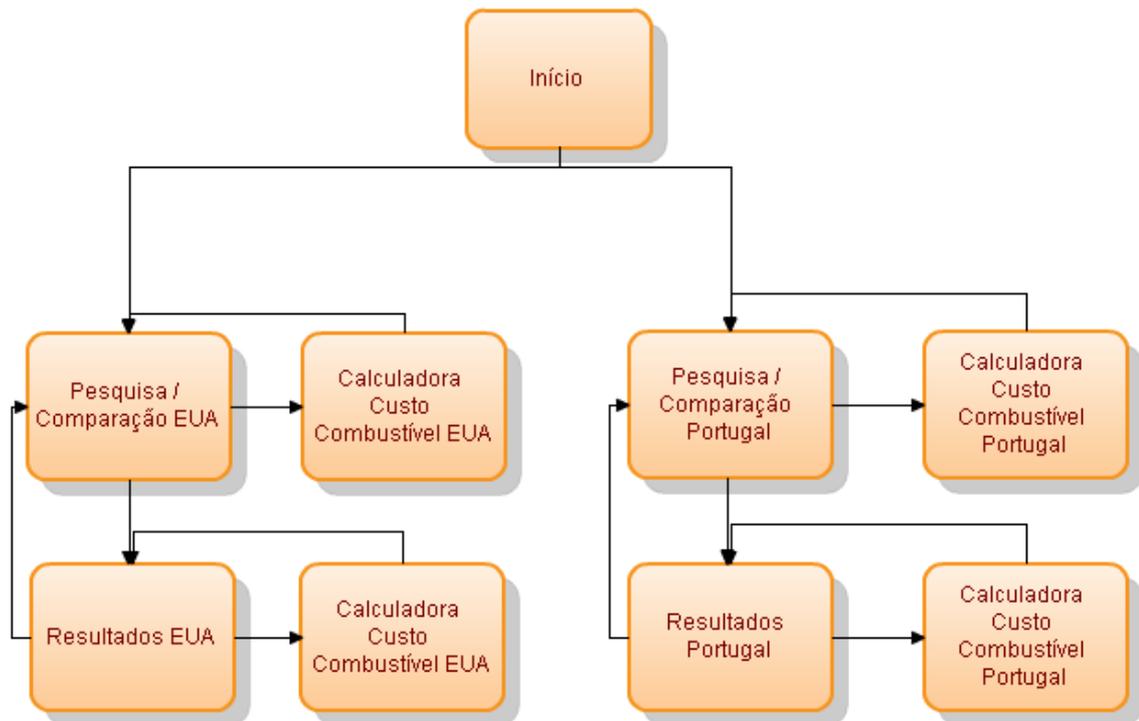


Figura 3-9 – Diagrama esquemático das janelas que compõem a interface gráfica e suas relações.

Começando pelos aspectos gerais e gráficos, a resolução escolhida para as janelas principais (janelas de pesquisa/comparação e de resultados) foi de 1024x768. Apesar de teoricamente ser esta a resolução, na prática isso não se verifica, isto porque à semelhança do que acontece quando se constrói um *Website*, é necessário ter em conta que determinados objectos do Sistema Operativo se terão que manter visíveis (como a barra do menu Iniciar, por exemplo), pelo que a resolução efectiva terá forçosamente que ser inferior à padrão. Assim, e de acordo com o *software* de desenvolvimento de *Websites* e Aplicações *Dreamweaver* [16], a resolução recomendada para um monitor de 1024x768 é de 955x600. Apesar da aplicação não correr num *browser* (ao contrário do que acontece com uma página *Web*) e de por conseguinte não ser necessário contar com os menus nele presentes, optou-se por manter esta resolução, de modo a garantir que a aplicação se encontre sempre correctamente posicionada em qualquer ecrã.

A disposição gráfica dos objectos pretendeu ser objectiva, organizada e intuitiva, para que o utilizador perceba rapidamente o que deve fazer para obter as respostas que procura da aplicação. Qualquer dúvida que eventualmente, e certamente, possa surgir pode ser desfeita recorrendo ou aos botões de ajuda associados aos controlos ou ao glossário de termos da aplicação. Um exemplo de como estão dispostos os objectos na interface e dos botões de ajuda disponíveis encontra-se exposto na figura 3-10, onde se representa a janela principal da secção norte-americana.

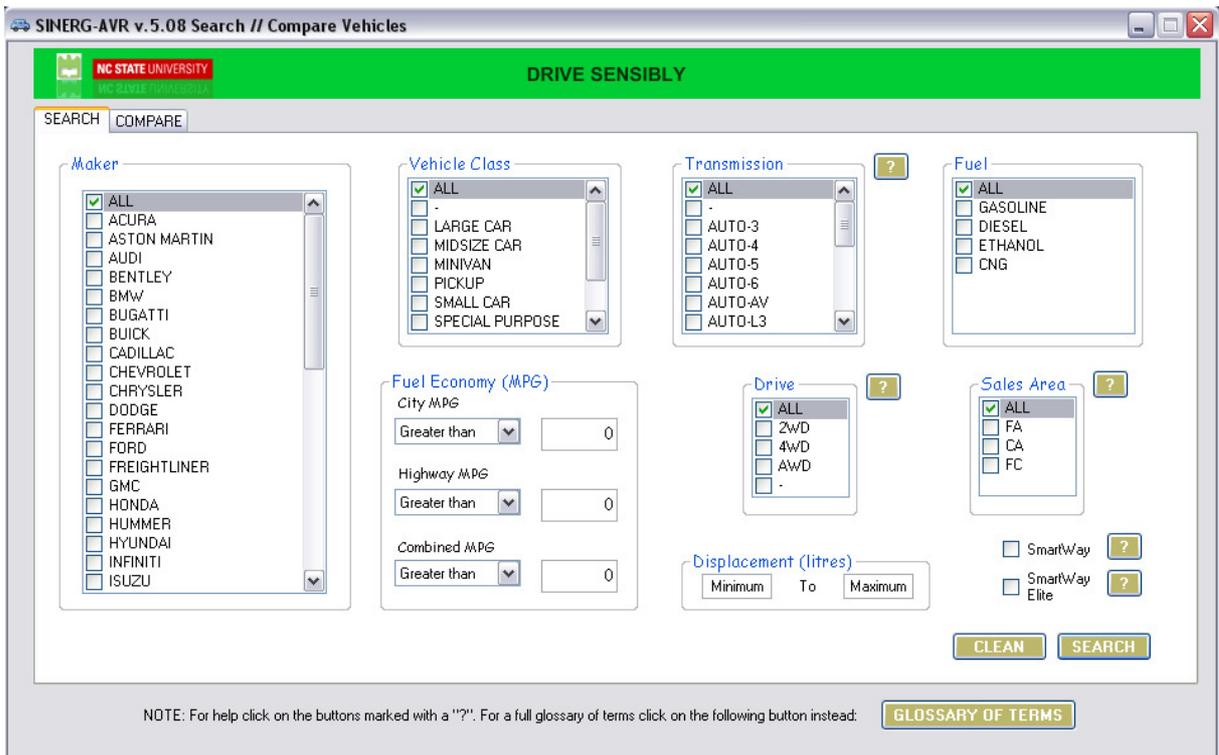
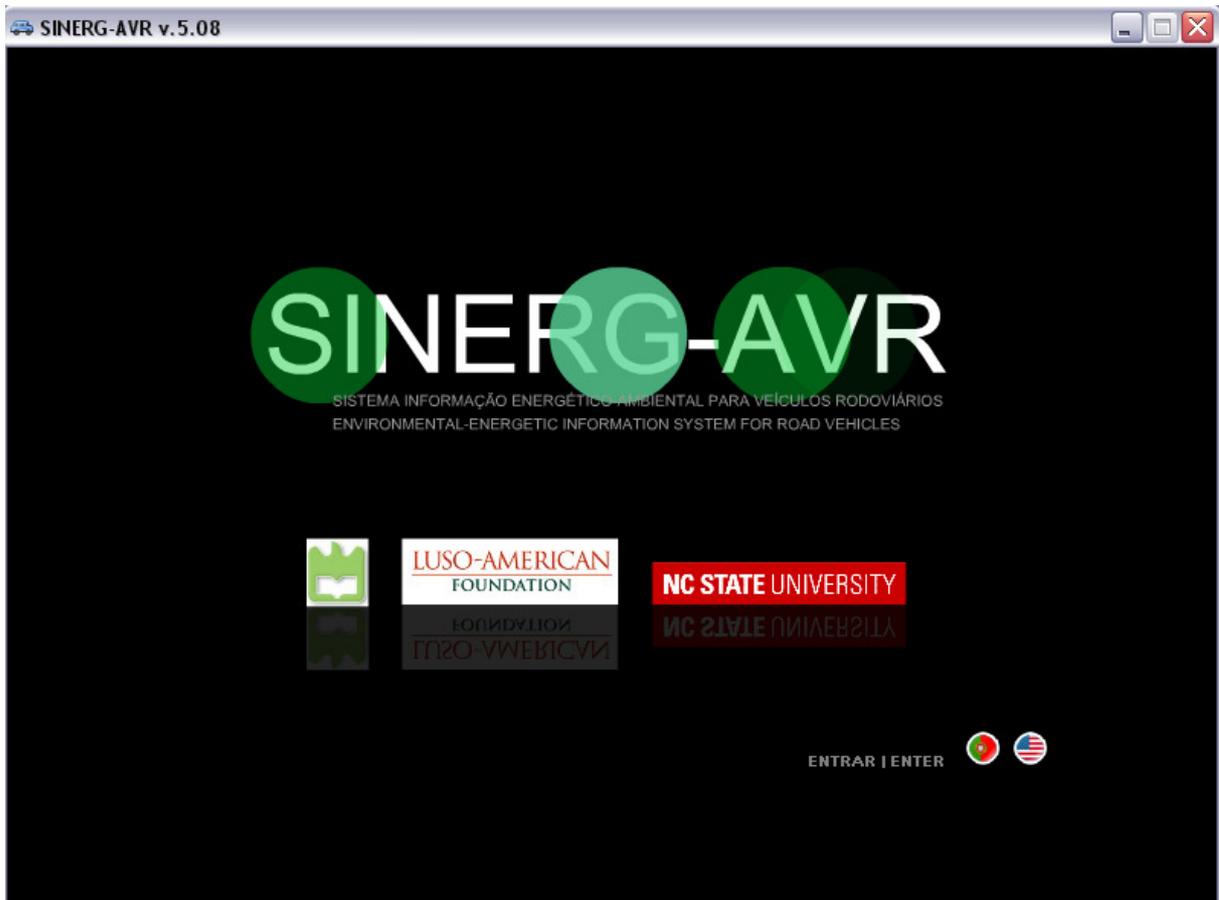


Figura 3-10 – Janela principal de Pesquisa para a versão norte-americana.

Findo o processo de escolha dos objectos a disponibilizar na interface e do seu posicionamento por tema/área, é necessário programar todo o seu funcionamento.

Para uma melhor compreensão da forma como reage e funciona a aplicação, são apresentadas, de seguida, cada uma das janelas que a compõem.

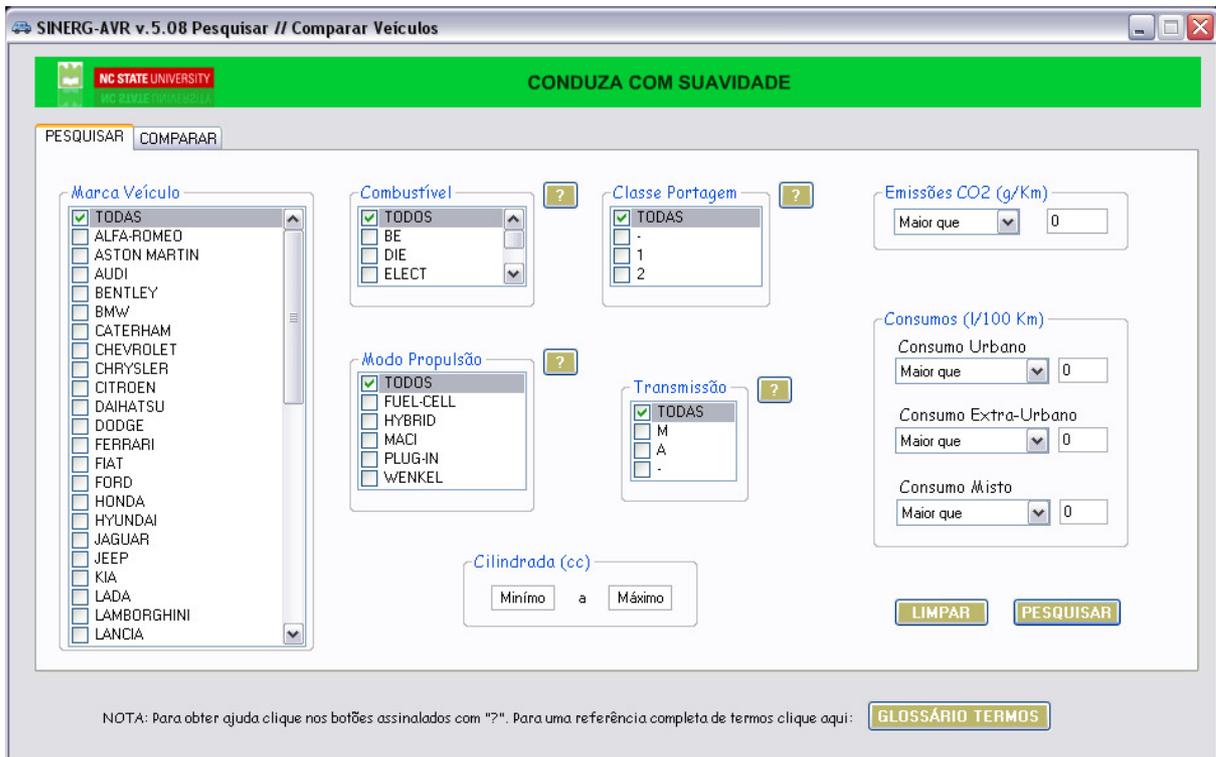
3.1.2.1 - Janela de Início



Esta janela tem como principal função apresentar a aplicação, sendo fundamental criar uma boa primeira impressão ao utilizador. Assim, um controlo *flash* ocupa posição de destaque, apresentando o nome da aplicação e os principais parceiros (Universidade de Aveiro e *North Carolina State University*) e patrocinador (FLAD – Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento) do projecto.

A entrada é assegurada por intermédio de dois botões, representados pelas bandeiras do país a que se refere o mercado a aceder. Ao pressionar um desses botões é realizado um teste de conectividade à base de dados e na inexistência de erros é aberta a janela de pesquisa/comparação do mercado respectivo.

3.1.2.2 - Janela de Pesquisa / Comparação Portugal



Na secção de pesquisa são disponibilizadas as várias opções de procura disponíveis. Sendo todas elas de preenchimento obrigatório, em caso de falta de dados, quando é pressionado o botão “Pesquisar” uma mensagem alerta o utilizador para a existência de incorrecções.

Qualquer um dos campos presente na interface (Marca, Transmissão, etc) é dinâmico, isto é, o seu conteúdo adapta-se ao da base de dados. Caso ocorra então uma alteração à BD não será necessário reprogramar a aplicação. Também as mensagens de texto associadas aos botões de ajuda se adaptam à informação da BD, não se correndo o risco de por exemplo existir uma opção de procura não contemplada no menu de ajuda.

Ao accionar o botão “Pesquisar” são submetidas as *queries* à BD, sendo em caso de sucesso aberta a janela de resultados (*fmrResltP.vb*), mantendo-se no entanto activa a janela de pesquisa/comparação.

O botão “Limpar”, como o próprio nome indica, permite a qualquer instante apagar todas as selecções efectuadas, colocando a interface no seu estado original.

Na secção de comparação é dada a opção de escolher até três veículos a comparar. As opções de escolha dizem respeito às chaves primárias da tabela “MV_ModeloVersao”, garantindo assim a unicidade dos modelos escolhidos (para cada veículo existe uma e uma só chave primária).

Quando é pressionado o botão “Comparar”, são tornados visíveis os resultados da comparação e é apresentado um veredicto para cada veículo comparado. Este veredicto pretende alertar o utilizador para quais os automóveis mais ecológicos (e económicos), e

portanto, recomendáveis. Os critérios de selecção assentam na assunção de que veículos cujas emissões de dióxido de carbono sejam inferiores a 140 g/Km ou incorporem tecnologia alternativa (ou sejam movidos a combustível alternativo) são considerados recomendáveis. A meta de 140 g/Km, a ser atingida em 2008/2009 pelos veículos comercializados na União Europeia, é baseada num acordo estabelecido entre esta e a indústria automóvel, representada por três associações: ACEA (*Association des Constructeurs Européens d'Automobiles*) – Associação dos Construtores Europeus de Automóveis, JAMA (*Japanese Automobile Manufacturers Association*) – Associação dos Construtores Japoneses de Automóveis e KAMA (*Korean Automobile Manufacturers Association*) – Associação dos Construtores Coreanos de Automóveis [15]. É também facultada a hipótese de abrir uma calculadora, onde se podem estimar os custos em combustível decorrentes da utilização de uma dada viatura e oferecida a possibilidade de executar o simulador MOVES.

Novamente se encontra nesta secção de comparação um botão “Limpar”, cuja validação faz desaparecer todos os resultados da anterior comparação e também as respectivas selecções de veículos.

Todos os resultados de uma comparação são apresentados graficamente, tornando a visualização mais atractiva e eficiente.

Para além das duas secções mencionadas e dos diversos botões de ajuda espalhados pela janela, existem sempre visíveis um controlo *flash* com dicas e factos relacionados com a condução e manutenção de veículos automóveis e também um botão de acesso ao glossário de termos da aplicação.

3.1.2.3 - Janela de Resultados Portugal

SINERG-AVR v.5.08 Resultados Pesquisa // Cálculo Custo Combustível

OBSERVE OS LIMITES DE VELOCIDADE

Marca	Modelo_Versao	Transmissao	Velocidades	Combustivel	Cilindrada	Potencia	Consumo_Urbanc
CHEVROLET	MATIZ (NOVO M200) 0.8 (AT) - 5P	A	5	GAS	796	52	7,6
CHEVROLET	MATIZ (NOVO M200) 0.8 (MT) - 5P	M	5	GAS	796	52	6,9
CHEVROLET	MATIZ (NOVO M200) 1.0 - 5P	M	5	GAS	995	66	7,2
CITROEN	C1 1.0 I CVA - 5P	A	5	GAS	998	68	5,5
CITROEN	C1 1.0 I CVA - 3P	A	5	GAS	998	68	5,5
CITROEN	C1 1.0 I - 5P	M	5	GAS	998	68	5,5
CITROEN	C1 1.0 I - 3P	M	5	GAS	998	68	5,5
DAIHATSU	YRV 1.0 12V DVVT - 5P	M	5	GAS	989	59	6,9
DAIHATSU	TREVIS 1.0 CX MAN - 5P	M	5	GAS	989	59	6
DAIHATSU	TREVIS 1.0 CX AUTO - 5P	A	0	GAS	989	59	7,3
DAIHATSU	SIRION 1.0 DVVT - 5P	M	5	GAS	998	69	6,1
DAIHATSU	CUORE 1.0 CX MAN - 5P	M	5	GAS	989	59	5,9
DAIHATSU	CUORE 1.0 CX AUTO - 5P	A	4	GAS	989	59	7,3
DAIHATSU	CUORE 1.0 CX MAN - 3P	M	5	GAS	989	59	5,8
DAIHATSU	CUORE 1.0 CX AUTO - 3P	A	4	GAS	989	59	7,3

NB: Dados desconhecidos encontram-se representados por um zero

[Ajuda sobre Resultados](#)

Para uma análise de ciclo de vida combustivel/tipo de veículo, clique no seguinte botão: **Iniciar MOVES**

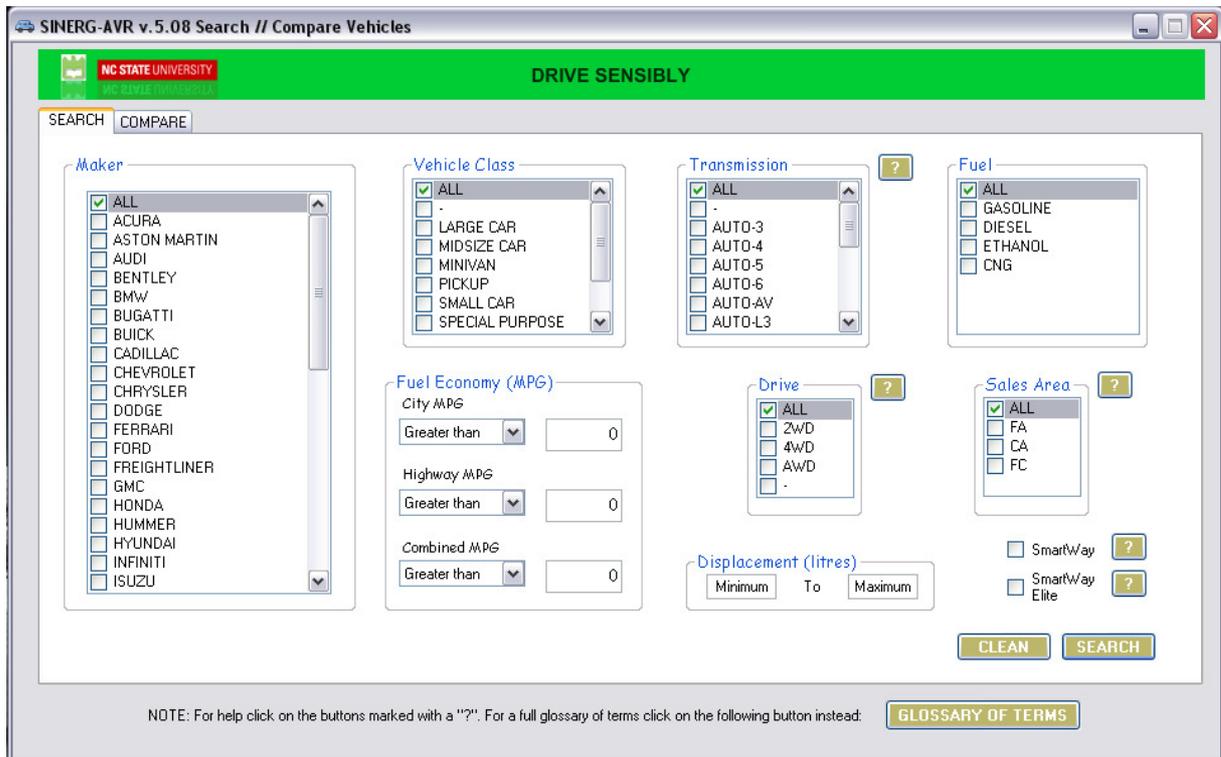
Para cálculos de custo combustivel clique aqui: [Exemplo MOVES](#)

No topo da janela mantém-se presente o controlo *flash* igualmente presente na janela de pesquisa/comparação, para que o utilizador mais facilmente interiorize a informação que se lhe pretende transmitir.

A tabela com todos os resultados da pesquisa ocupa uma posição central e de destaque, contendo todas as informações relativas aos modelos que satisfaçam as condições definidas pelo utilizador. Associada a si encontra-se uma ligação (vulgo *link*) de ajuda, explicando um pouco mais detalhadamente a organização dos resultados.

No fundo da janela são disponibilizadas novamente ligações ao simulador MOVES, bem como à calculadora de custos. Quando esta janela é encerrada são apagados todos os dados presentes na tabela de resultados, para que caso o utilizador deseje realizar nova pesquisa, os resultados da anterior não se encontrem ainda presentes e comprometam a qualidade da informação facultada.

3.1.2.4 - Janela de Pesquisa/Comparação EUA



De modo semelhante à janela homóloga presente na versão portuguesa, a organização dos conteúdos no ecrã é essencialmente a mesma. Apenas, como já foi referido anteriormente, se alteram algumas opções de pesquisa e comparação, para acomodar as diferenças entre as duas bases de dados.

De salientar que na secção de comparação, um dos veredictos atribuídos a cada veículo presente nos resultados diz respeito à sua condição “*SmartWay*”, isto é, que obtenha uma pontuação igual ou superior a 6, em “*Air Pollution Score*” e em “*Greenhouse Gas Score*” e cuja soma das duas pontuações seja superior a 13. [21]

As pontuações de “*Air Pollution Score*” e de “*Greenhouse Gas Score*” atribuídas aos veículos respeitam as tabelas 3-4 e 3-5 respectivamente.

Tabela 3-4 – Critérios para “Air Pollution Score”

Air Pollution Score	
Score	Emission Standards
10	Bin 1 and ZEV
9.5	PZEV
9	Bin 2 and SULEV II cars
8	Bin 3
7	Bin 4 and ULEV II cars
6	Bin 5 and LEV II cars
5	Bin 6
4	Bin 7
3	Bin 8
2	Bin 9 and LEV I cars
1	Bin 10 and Tier 1 cars
0	Bin 11 and Tier 1 diesel cars and large trucks

Fonte: Página Web EPA [21].

Tabela 3-5 – Critérios para “Greenhouse Gas Score”

Greenhouse Gas Score						
		Fuel Economy: Minimum Combined MPG				
Greenhouse Gas Score	Grams of CO₂-equivalent per mile	Gasoline	Diesel	Ethanol (E85)	LPG	CNG
10	0 to 295	37	43	23	23	31
9	296 to 357	31	36	19	19	26
8	358 to 419	26	30	16	16	22
7	420 to 481	23	26	14	14	19
6	482 to 544	20	23	12	12	17
5	545 to 606	18	21	11	11	15
4	607 to 668	16	19	10	10	14
3	669 to 730	15	17	9	9	13
2	731 to 793	14	16	8	8	12
1	794 to 855	13	15	7	7	11
0	856 and up	1	1	1	1	1

For CNG, a one-gallon equivalent is assumed to be 121.5 cubic feet

Fonte: Página Web EPA. [21]

Também de acordo com a EPA, existem ainda veículos catalogados como “*SmartWay Elite*”, isto é, veículos cuja pontuação é igual ou superior a 9 em “*Air Pollution Score*” e em “*Greenhouse Gas Score*”. Apesar de estes não se encontrarem explicitamente referenciados na base de dados, é possível encontrar os que satisfazem este critério, sendo então permitido ao utilizador tomar conhecimento da elite automóvel (em termos ecológicos) comercializada nos EUA.

3.1.2.5 - Janela de Resultados EUA

SINER-AVR v.5.08 Results // Fuel Cost Calculation

OBSERVE THE SPEED LIMIT

NC STATE UNIVERSITY

Make	Model	Displacement	Cylinders	Transmission	Drive	Fuel	Sales_Area	Standard	UnderhoodID	Vehicle_Class
AUDI	A3	2	4	MAN-6	2WD	GASOLINE	CA	U2	8AD>XV02.0366	STATION WAGON
AUDI	TT ROADSTER	2	4	AUTO-S6	2WD	GASOLINE	CA	U2	8AD>XV02.0366	SMALL CAR
AUDI	TT COUPE	2	4	AUTO-S6	2WD	GASOLINE	FA	B5	8AD>XV02.0366	SMALL CAR
AUDI	TT COUPE	2	4	AUTO-S6	2WD	GASOLINE	CA	U2	8AD>XV02.0366	SMALL CAR
AUDI	A4	2	4	AUTO-AV	2WD	GASOLINE	FA	B5	8AD>XV02.0352	SMALL CAR
AUDI	A4	2	4	AUTO-AV	2WD	GASOLINE	CA	U2	8AD>XV02.0352	SMALL CAR
AUDI	A3	2	4	AUTO-S6	2WD	GASOLINE	FA	B5	8AD>XV02.0366	STATION WAGON
AUDI	A3	2	4	MAN-6	2WD	GASOLINE	FA	B5	8AD>XV02.0366	STATION WAGON
AUDI	A3	2	4	AUTO-S6	2WD	GASOLINE	CA	U2	8AD>XV02.0366	STATION WAGON
AUDI	TT ROADSTER	2	4	AUTO-S6	2WD	GASOLINE	FA	B5	8AD>XV02.0366	SMALL CAR

For a life cycle analysis of a certain type of vehicle/fuel, click the following button: **Start MOVES**

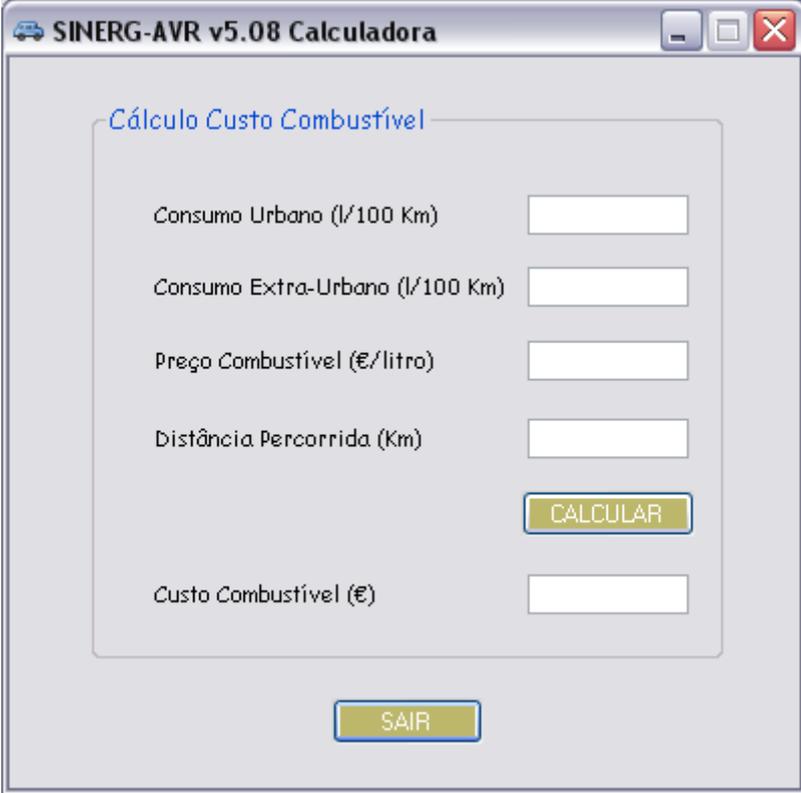
[MOVES Example](#)

For fuel cost calculations click here:

[Help on Results](#)

Todo o seu funcionamento é perfeitamente semelhante ao descrito para versão portuguesa, apenas diferindo nos campos presentes na tabela de resultados.

3.1.2.6 - Calculadora de Custo de Combustível Portugal



Nesta janela é facultada a possibilidade de calcular o custo aproximado de combustível que um veículo necessita para percorrer uma dada distância.

Ao utilizador é requerido que introduza o consumo urbano e extra-urbano da viatura (em litros/100 Km), o preço por litro do combustível (em €) e a distância percorrida (Km).

O cálculo é efectuado de acordo com a seguinte expressão,

$$custo(\text{€}) = Consumo_{eq} \times preço_{combustível} \times \left(\frac{distância}{100} \right) \quad (1)$$

onde,

$$Consumo_{eq} = (0,55 \times consumo_{urbano}) + (0,45 \times consumo_{extra_urbano}) \quad (2)$$

Para efeitos de cálculo é então considerado que em média o utilizador percorrerá 55% da distância por si indicada em circuito urbano e os restantes 45% em circuito extra-urbano.

No sentido de evitar resultados incoerentes, tornou-se necessário programar a aplicação para reagir do mesmo modo caso o utilizador use ou ponto ou vírgula como separador decimal. Sendo assim, quando é carregada a aplicação, independentemente das definições do computador onde esteja a ser executada, é forçada a utilização das definições para Portugal (caso se trate do mercado português) ou para os EUA (caso se trate do mercado

norte-americano). Deste modo, para Portugal, a vírgula é interpretada como separador decimal, sendo em oposição assumido o ponto como separador decimal para os EUA.

No entanto, é permitido ao utilizador escolher a convenção que mais lhe agrade, sendo que na versão portuguesa a programação da aplicação visa transformar automaticamente pontos em vírgulas e na versão americana, as vírgulas em pontos. Para além desta conversão ser efectuada internamente optou-se por torná-la também visível ao utilizador, para que este se aperceba de qual a convenção seguida.

3.1.2.7 - Calculadora de Custo de Combustível EUA

The image shows a software window titled "SINERG-AVR v5.08 Calculator". Inside the window, there is a section titled "Fuel Cost Calculation". This section contains five input fields: "City MPG", "Highway MPG", "Price (US\$/gal)", "Distance (miles)", and "Fuel Cost (US\$)". A "CALCULATE" button is positioned below the input fields, and an "EXIT" button is located at the bottom of the window.

A metodologia adoptada é em tudo similar ao descrito para a calculadora da versão portuguesa. De realçar apenas a diferença na fórmula de cálculo, em virtude da diferença de unidades dimensionais usadas nos EUA e em Portugal. Assim, a expressão seguida para cálculo do custo de combustível nos EUA é expressa pelo seguinte,

$$cost (US\$) = \frac{price}{mpg_{eq}} \times distance \quad (3)$$

onde,

$$mpg_{eq} = (0,55 \times city_mpg) + (0,45 \times highway_mpg) \quad (4)$$

3.2 – Ferramenta de modelação MOVES

Para ir ao encontro das novas necessidades de análise, estratégias de modelação e informação disponível, o *Office of Transportation and Air Quality* (OTAQ) da US EPA encontra-se actualmente a desenvolver um sistema de modelação denominado *Motor Vehicle Emission Simulator* (MOVES) [43]. Este novo sistema estimará emissões de fontes móveis e estáticas, cobrirá uma vasta gama de poluentes e permitirá múltiplas escalas de análise, desde uma análise a uma escala refinada até estimativas nacionais. Quando completamente implementado, o MOVES substituirá os actuais MOBILE6 [41] e NONROAD [47].

A versão disponibilizada com a aplicação SINERG-AVR, *MOVES Highway Vehicle Implementation, Demonstration Version* (MOVES Demo), é uma actualização ao MOVES2004 e inclui as principais funcionalidades planeadas para o modelo MOVES futuro. Esta versão proporciona uma excelente oportunidade para o utilizador se familiarizar com as características avançadas do modelo MOVES e para ajudar no seu desenvolvimento, exprimindo a sua opinião própria, decorrente da utilização desta mesma versão de teste.

A utilização do *software* encontra-se dividida em três fases fundamentais:

1. Especificação dos dados de entrada (*inputs*): É requerido ao utilizador que preencha convenientemente cada um dos campos presentes no painel lateral esquerdo da janela principal. Sendo que os principais inputs passam pela descrição da simulação (*Description*), escala (*Scale*), fronteiras geográficas (*Geographic Bounds*), amplitude temporal (*Time Spans*), veículos/equipamento (*Vehicles/Equipment*), tipo de via (*Road Type*), poluentes e processos (*Pollutants and Processes*), gestão dos dados de entrada (*Manage Input Data Sets*), estratégias (*Strategies*), resultados (*Output*) e opções avançadas de performance (*Advanced Performance Features*). O seu preenchimento não segue uma ordem específica, pelo que o utilizador pode mudar de campo para campo de acordo com a sua vontade.
2. Execução da Simulação: Após atribuído um visto verde a todos os campos de input é possível correr uma simulação (menu Action → Run). O tempo de simulação variará de computador para computador, mas regra geral, nunca será inferior a cinco minutos.
3. Visualização dos Resultados da Simulação (*outputs*): Pode afirmar-se que esta fase é um pouco delicada, sobretudo para um utilizador que desconheça o funcionamento do MOVES e não esteja familiarizado com bases de dados. Assim, a melhor forma de visualizar os resultados é escolhendo a opção “*Produce Summary Report*” do menu “*Post-Processing*” e mostrando os resultados no ecrã (“*Display On Screen*”).

3.3 – Mercados Automóvel de Portugal e EUA

3.3.1 - Mercado Automóvel de Portugal

Sendo um mercado diversificado, onde coexistem fabricantes europeus, norte-americanos e asiáticos, os veículos disponíveis em Portugal permitem um leque alargado de escolha ao consumidor. Encontram-se sujeitos às normas de emissões vigentes na União Europeia (UE), as normas EURO.

O mercado automóvel em Portugal caracteriza-se pela existência de veículos de baixa e média cilindrada, sendo que a cilindrada média ronda os 2000 cm³, ou seja, os 2 litros (valor obtido pela base de dados “siauto”). Para além deste facto, acresce a clara aposta no veículo a gásóleo como escolha cada vez mais preferencial, sobretudo pelo seu menor consumo em l/100 km (que tem como consequência menores emissões de dióxido de carbono), comparativamente com a gasolina. Apesar de a emissão de partículas constituir uma séria ameaça à saúde humana, a introdução no mercado de filtros avançados de partículas (FAP) veio reduzir substancialmente a sua libertação para a atmosfera, o que apoia ainda mais a comercialização e compra de veículos a gásóleo quando comparados com homólogos a gasolina.

No que concerne a veículos alternativos, a sua penetração no mercado é ainda reduzida, ascendendo no total a cerca de vinte modelos. Na tabela 3-6 encontram-se expostos os veículos alternativos existentes no mercado português.

Tabela 3-6 – Veículos alternativos comercializados em Portugal

MARCA	MODELO / VERSÃO	COMBUSTÍVEL	MODO DE PROPULSÃO
HONDA	CIVIC HYBRID - 4P	GASOLINA	HÍBRIDO
HONDA	INSIGHT IMA - 2P	GASOLINA	HÍBRIDO
LEXUS	GS450H GWS191L - 4P	GASOLINA	HÍBRIDO
LEXUS	RX400h MHU38L - 5P	GASOLINA	HÍBRIDO
SMART	FORTWO CABRIO PURE 71CV MHD - 2P	GASOLINA	HÍBRIDO
SMART	FORTWO COUPE PURE 71CV MHD	GASOLINA	HÍBRIDO
TOYOTA	PRIUS HYBRID SYNERGY DRIVE - 4P	GASOLINA	HÍBRIDO
FIAT	SEICENTO ELETTRA - 3P	ELECTRICIDADE	PLUG-IN
FORD	FOCUS STATION 1.8 DURATEC SCi (BIO-ETANOL) - 5P	ETANOL	MACI
FIAT	MULTIPLA 1.6 BIPOWER SX - 5P	GNC	MACI
FIAT	PUNTO 60 BIPOWER ACTIVE C/OPC. 268+273+57X - 5P	GNC	MACI
FIAT	PUNTO 60 BIPOWER ACTIVE C/OPC.57X - 5P	GNC	MACI
FIAT	PUNTO 60 BIPOWER ACTIVE - 5P	GNC	MACI
FIAT	MULTIPLA MY 1.6 16V BIPOWER SX C/OPC. 855 - 5P	GNC	MACI
FIAT	MULTIPLA MY 1.6 16V BIPOWER - 5P	GNC	MACI
OPEL	COMBO TOUR 1.6 CNG - 5P	GNC	MACI
VOLKSWAGEN	CADDY KOMBI 2.0 109CV ECOFUEL (5L) - 4P	GNC	MACI
VOLKSWAGEN	CADDY KOMBI 2.0 109CV ECOFUEL (7L) - 5P	GNC	MACI
VOLKSWAGEN	TOURAN ECOFUEL - 5P	GNC	MACI

Fonte: Guia Economia de Combustíveis – 2008. [14]

3.3.2 - Mercado Automóvel dos EUA

Quando se observam os dados contidos no *Green Vehicle Guide*, dois factos são notórios: as cilindradas elevadas e a quase exclusividade de veículos movidos a Gasolina.

Neste mercado a presença de veículos de propulsão alternativa é relativamente reduzida, à semelhança do que acontece em Portugal, sendo cerca de dez os veículos de propulsão híbrida (tabela 3-7).

Tabela 3-7 – Veículos de propulsão híbrida comercializados nos EUA

MARCA	MODELO
CHEVROLET	MALIBU HYBRID
CHEVROLET	TAHOE 1500 HYBRID
FORD	ESCAPE HYBRID
GMC	YUKON 1500 HYBRID
HONDA	CIVIC HYBRID
MAZDA	TRIBUTE HYBRID
MERCURY	MARINER HYBRID
NISSAN	ALTIMA HYBRID
SATURN	AURA HYBRID
SATURN	VUE HYBRID
TOYOTA	CAMRY HYBRID
TOYOTA	HIGHLANDER HYBRID
TOYOTA	PRIUS

Fonte: Green Vehicle Guide 2008. [20]

Em termos de combustíveis alternativos o panorama melhora consideravelmente, existindo cerca de 36 modelos de automóveis movidos a etanol, divididos pelas marcas Chevrolet, Chrysler, Dodge, Ford, GMC, Jeep, Lincoln, Mercedes-Benz, Mercury, Mitsubishi e Nissan. Existe ainda um modelo, Honda Civic, movido a Gás Natural Comprimido.

É todavia interessante mencionar quais são de facto os veículos mais ecológicos do mercado norte-americano. De acordo com o sistema da EPA de classificação *SmartWay Elite*, os veículos que se encontram na vanguarda no que a emissões poluentes diz respeito, são os presentes na tabela 3-8.

Tabela 3-8 – Veículos *SmartWay Elite*

MARCA	MODELO	COMBUSTÍVEL
FORD	ESCAPE HYBRID	GASOLINA
HONDA	CIVIC	GÁS NATURAL
HONDA	CIVIC HYBRID	GASOLINA
MAZDA	TRIBUTE HYBRID	GASOLINA
MERCURY	MARINER HYBRID	GASOLINA
NISSAN	ALTIMA HYBRID	GASOLINA
TOYOTA	CAMRY HYBRID	GASOLINA
TOYOTA	PRIUS	GASOLINA

Fonte: Green Vehicle Guide 2008. [20]

3.3.4 - Comparação entre os mercados de Portugal e dos EUA

Comparando o mercado automóvel português com o norte-americano, uma das principais diferenças reside na cilindrada dos veículos. Enquanto que em Portugal a grande maioria dos automóveis possuem uma cilindrada inferior a 3 litros (3000 cc), nos EUA, contudo, são raras as cilindradas abaixo desse limiar.

Consequentemente, aumentando a cilindrada, aumenta-se o consumo, o que se traduz em maiores cargas de emissões poluentes. Coadjuvando o facto de o combustível preferencial ser a Gasolina, este mercado, face ao português, torna-se bastante penalizador.

Por serem dois mercados cujos veículos comercializados num são tão diferentes dos comercializados no outro, comparar um veículo do parque automóvel português com outro do parque automóvel americano tornar-se-ia desprovido de interesse prático, pelo que se prescindiu de adicionar essa opção à aplicação. Contudo, esse facto não significa que não seja possível comparar ambos os mercados, pois ambas as versões se encontram disponíveis na mesma aplicação, competindo ao consumidor escolher a qualquer altura a que pretende consultar, se a portuguesa, se a norte-americana.

3.4 - Executável Aplicação e Página Web

Para que a aplicação SINERG-AVR possa ser executada é necessário ser instalada num dado computador. Para isso, foi criado um executável, que instala a quase totalidade das ferramentas e ficheiros necessários á correcta execução da aplicação SINERG-AVR. As restantes ferramentas e ficheiros são disponibilizados num outro arquivo, que contém, entre outros, os ficheiros de instalação do simulador MOVES e o SGBD MySQL.

Este executável foi criado recorrendo a uma ferramenta livre lançada segundo as normas da *GNU General Public License* [28], Inno Setup Compiler [38], que permite não só definir todos os parâmetros necessários à criação de um “*setup*”, como também instalar a aplicação em qualquer computador de sistema operativo *Windows*.

Com o arquivo a descarregar da Internet é fornecido um ficheiro de ajuda com instruções detalhadas de como proceder à instalação da aplicação SINERG-AVR, do simulador MOVES e do restante *software*. A abordagem inicial passava por criar um único executável, a partir do qual o utilizador instalasse todos os programas. Porém, tal vir-se-ia a revelar impraticável, especialmente devido ao facto de a instalação das ferramentas associadas ao MOVES não ser linear. Assim, optou-se por uma instalação faseada, em que o utilizador é instruído a instalar o MOVES de acordo com as indicações fornecidas pelos seus criadores e por fim, correr o executável da aplicação SINERG-AVR.

Na posse do arquivo definitivo é necessário disponibilizá-lo ao utilizador, por intermédio de uma página *Web*. Uma das hipóteses seria incorporar o ficheiro numa outra página já existente, nomeadamente a página de um dos patrocinadores do projecto. Porém, na eventualidade de tal não ser possível, foi criada uma página simples, programada em HTML (*HyperText Markup Language*) que contém uma breve descrição do projecto e uma ligação para descarregar o ficheiro.

4. Resultados

Apesar de constituírem as fundações segundo as quais todo o projecto se encontra assente, as bases de dados “siauto” e “siauto_usa” não são directamente visíveis nos resultados finais, isto é, a sua estrutura e organização interna não estão acessíveis ao utilizador (pelo menos não de forma explícita). Assim, nos resultados finais, nomeadamente durante a execução da aplicação, a construção das bases de dados não se evidencia, estando apenas implícita no funcionamento da mesma.

A apresentação dos resultados encontra-se separada por: aplicação SINERG-AVR, onde se ilustrará o seu funcionamento e capacidades; ferramenta de modelação MOVES, ilustrada pela realização de um exemplo de análise de ciclo de vida para uma comparação entre um automóvel ligeiro a Gasolina e um outro a Diesel; executável de instalação da aplicação; e página *Web* do projecto.

4.1 – Aplicação SINERG-AVR

Nas figuras 4-1 a 4-3 encontra-se exemplificado o processo de pesquisa para a versão portuguesa da aplicação por um automóvel de cilindrada entre 1000cc e 2000cc, com emissões de CO₂ inferiores a 160 g/Km. São apresentados os resultados da pesquisa e efectuado um cálculo do custo em combustível para um dos veículos. Nas figuras 4-4 e 4-5 é ilustrado o processo de comparação de três veículos, incluindo os resultados da comparação.

SINERG-AVR v.5.08 Pesquisar // Comparar Veiculos

NC STATE UNIVERSITY

OBSERVE OS LIMITES DE VELOCIDADE

PESQUISAR COMPARAR

Marca Veículo

- TODAS
- ALFA-ROMEO
- ASTON MARTIN
- AUDI
- BENTLEY
- BMW
- CATERHAM
- CHEVROLET
- CHRYSLER
- CITROEN
- DAIHATSU
- DODGE
- FERRARI
- FIAT
- FORD
- HONDA
- HYUNDAI
- JAGUAR
- JEEP
- KIA
- LADA
- LAMBORGHINI
- LANCIA

Combustível

- TODAS
- BE
- DIE
- ELECT

Classe Partagem

- TODAS
- 1
- 2

Emissões CO₂ (g/Km)

Menor que 160

Modo Propulsão

- TODAS
- FUEL-CELL
- HYBRID
- MACI
- PLUG-IN
- WENKEL

Transmissão

- TODAS
- M
- A
-

Consumos (l/100 Km)

Consumo Urbano
Maior que 0

Consumo Extra-Urbano
Maior que 0

Consumo Misto
Maior que 0

Cilindrada (cc)

1000 a 2000

LIMPAR PESQUISAR

NOTA: Para obter ajuda clique nos botões assinalados com "?". Para uma referência completa de termos clique aqui: GLOSSÁRIO TERMOS

Figura 4-1 – Critérios de pesquisa (versão portuguesa).

SINERG-AVR v.5.08 Resultados Pesquisa // Cálculo Custo Combustível

NC STATE UNIVERSITY

Marca	Modelo_Versao	Transmissao	Velocidades	Combustivel	Cilindrada	Potencia
CITROEN	C2 1.4 HDI CX-AUTO - 3P	A	5	DIE	1398	68
CITROEN	C2 1.4 I - 3P	A	5	GAS	1360	73
CITROEN	C2 1.6 I - 3P	A	5	GAS	1587	109
CITROEN	C1 1.4 HDI - 3P	M	5	DIE	1398	54
CITROEN	C1 1.4 HDI - 5P	M	5	DIE	1398	54
CITROEN	C3 1.1 I - 5P	M	5	GAS	1124	60
CITROEN	C3 1.4 HDI - 5P	M	5	DIE	1398	68
CITROEN	C3 1.4 I - 5P	M	5	GAS	1360	73
CITROEN	C3 1.4 I 16V - 5P	A	5	GAS	1360	88
CITROEN	C3 1.6 HDI 110CV - 5P	M	5	DIE	1560	109
CITROEN	C3 1.6 HDI 90CV - 5P	M	5	DIE	1560	90
CITROEN	C3 1.6 I 16V - 5P	M	5	GAS	1587	109
CITROEN	C3 1.4 HDI CMP - 5P	A	5	DIE	1398	68
CITROEN	C3 PLURIEL 1.4 HDI - 2P	M	5	DIE	1398	68
CITROEN	C3 PLURIEL 1.6 I - 2P	A	5	GAS	1587	109

NB: Dados desconhecidos encontram-se representados por um zero

Para uma análise de ciclo de vida combustível/tipo de veículo, clique no seguinte botão: **Iniciar MOVES**
[Exemplo MOVES](#)

Para cálculos de custo combustível clique aqui:

Figura 4-2 – Resultados da pesquisa por veículos automóveis (versão portuguesa).

SINERG-AVR v.5.08 Resultados Pesquisa // Cálculo Custo Combustível

NC STATE UNIVERSITY

EVITE O PONTO MORTO POR TEMPO EXCESSIVO

Marca	Modelo_Versao	Consumo_Urbano	Consumo_Extra_Urbano	Transmissao	Velocidad
CITROEN	C2 1.4 HDI CX-AUTO - 3P	4,9	3,9	A	5
CITROEN	C2 1.4 I - 3P	7,7	4,9	A	5
CITROEN	C2 1.6 I - 3P	8,3	5,2	A	5
CITROEN	C1 1.4 HDI - 3P	5,3	3,4	M	5
CITROEN	C1 1.4 HDI - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.1 I - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.4 HDI - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.4 I - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.4 I 16V - 5P			A	5
CITROEN	C3 1.6 HDI 110CV - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.6 HDI 90CV - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.6 I 16V - 5P			M	5
CITROEN	C3 1.4 HDI CMP - 5P			A	5
CITROEN	C3 PLURIEL 1.4 HDI - 2P			M	5
CITROEN	C3 PLURIEL 1.6 I - 2P			A	5

NB: Dados desconhecidos encontram-se representados por um zero

Para uma análise de ciclo de vida combustível/tipo de veículo, clique no seguinte botão: **Iniciar MOVES**
[Exemplo MOVES](#)

Para cálculos de custo combustível clique aqui:

SINERG-AVR v5.08 Calculadora

Cálculo Custo Combustível

Consumo Urbano (l/100 Km)

Consumo Extra-Urbano (l/100 Km)

Preço Combustível (€/litro)

Distância Percorrida (Km)

CALCULAR

Custo Combustível (€)

SAIR

Figura 4-3 – Cálculo do custo de combustível para o veículo seleccionado (versão portuguesa).

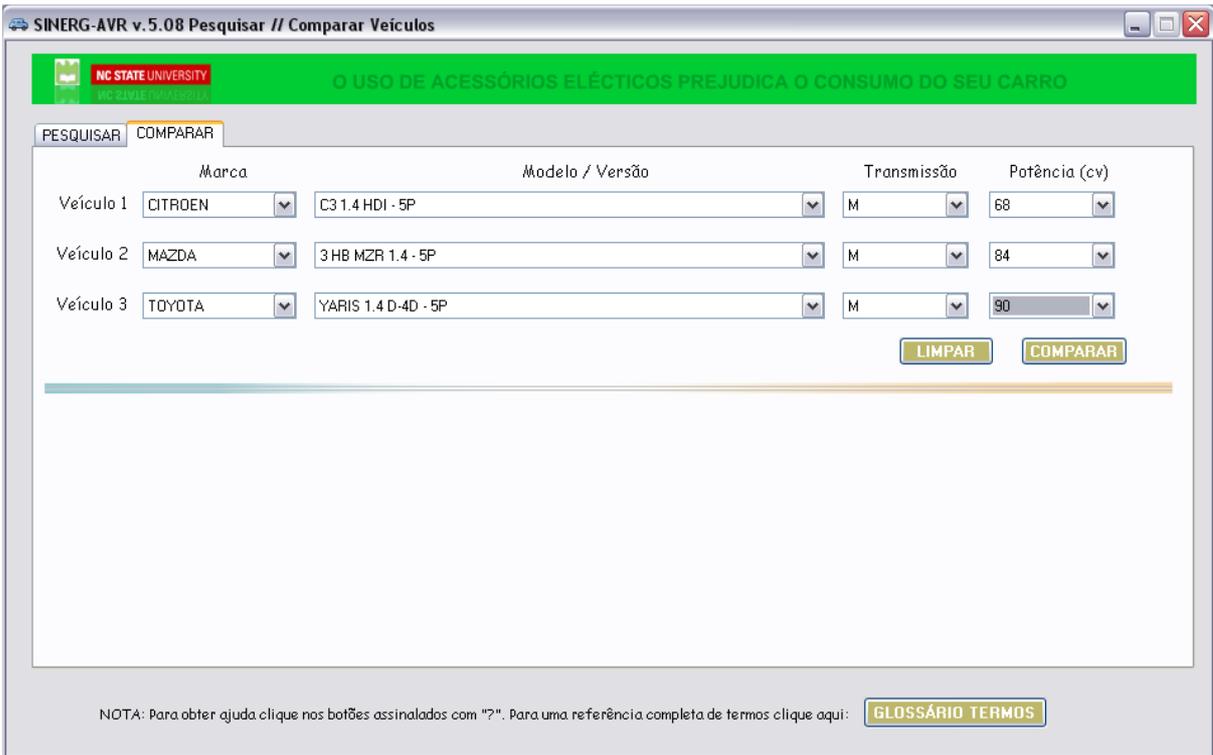


Figura 4-4 – Escolha dos três veículos a comparar (versão portuguesa).

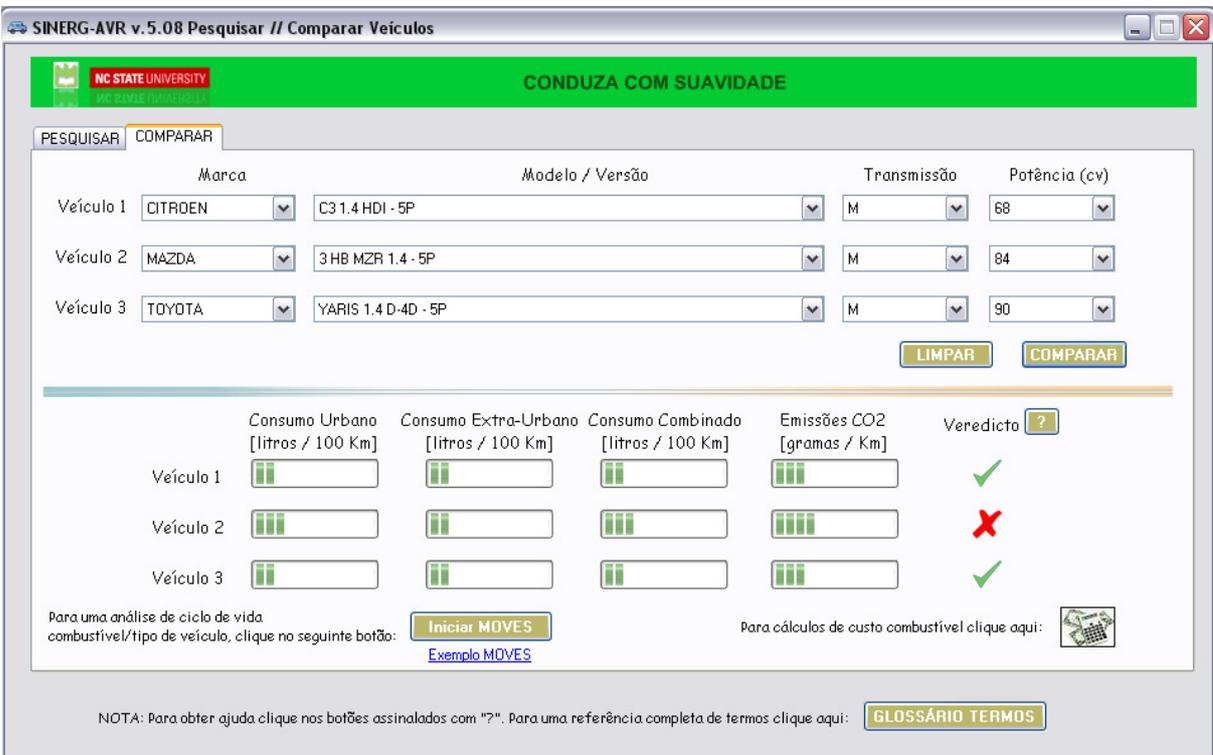


Figura 4-5 – Demonstração dos resultados da comparação (versão portuguesa).

Por seu turno, nas figuras 4-6 e 4-7, exemplifica-se a fase de pesquisa para a versão norte-americana, por um veículo da marca “AUDI”, cuja cilindrada se encontra no intervalo de 0 a 4 litros e que possua designação “SmartWay”. Das figuras 4-8 a 4-10 é realizada a

comparação de três veículos, com diversas especificações e apresentados os resultados dessa mesma comparação. É posteriormente realizado o cálculo do custo em combustível para o primeiro dos veículos comparados.

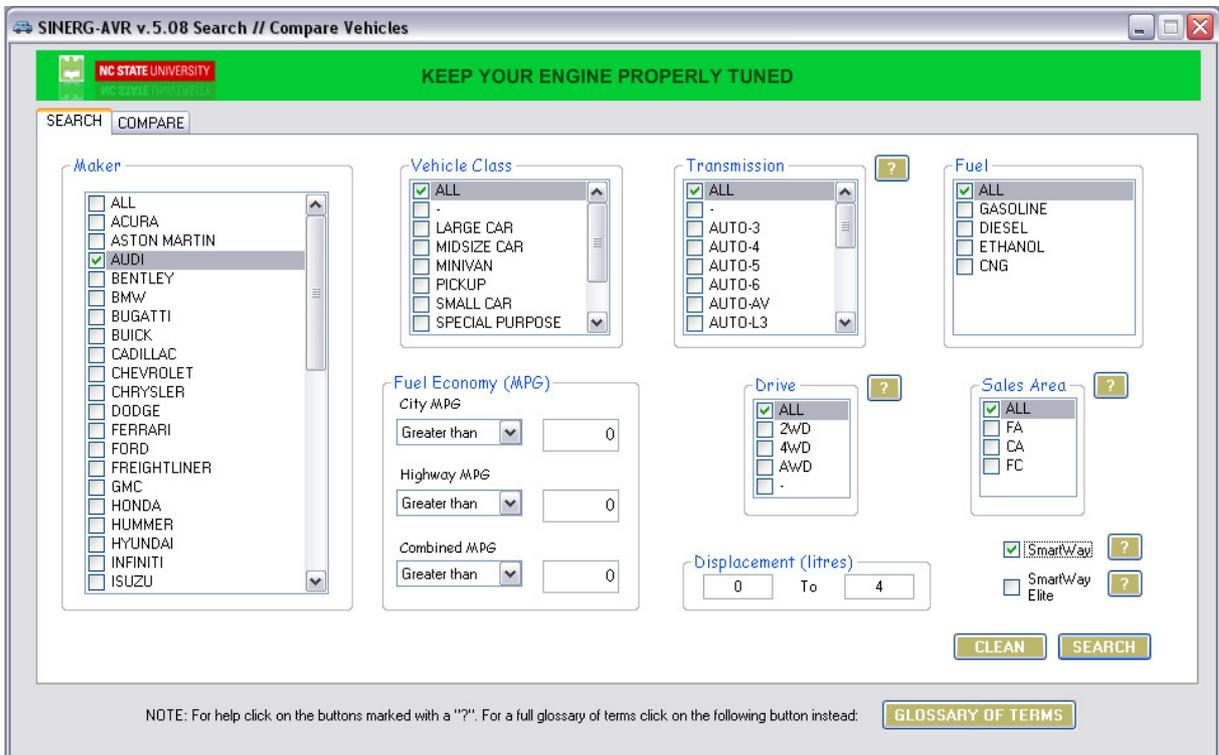


Figura 4-6 – Critérios de pesquisa (versão americana).

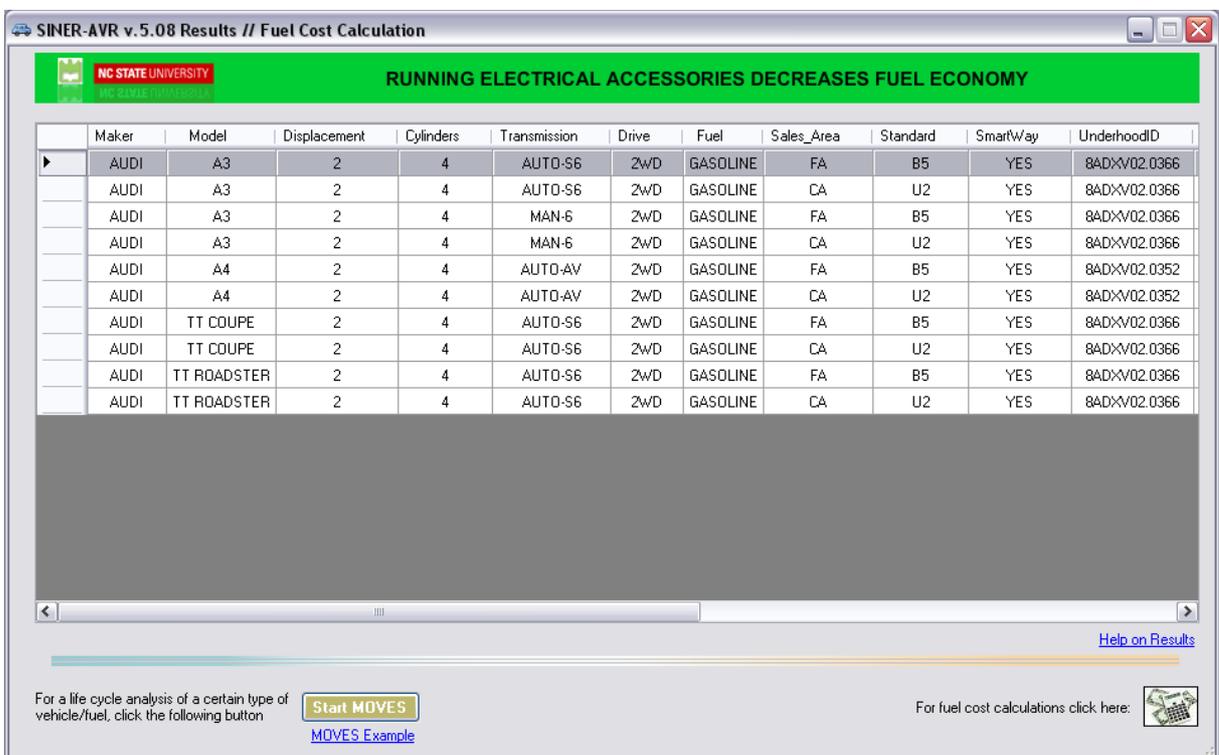


Figura 4-7 – Resultados da pesquisa por veículos automóvel (versão americana).

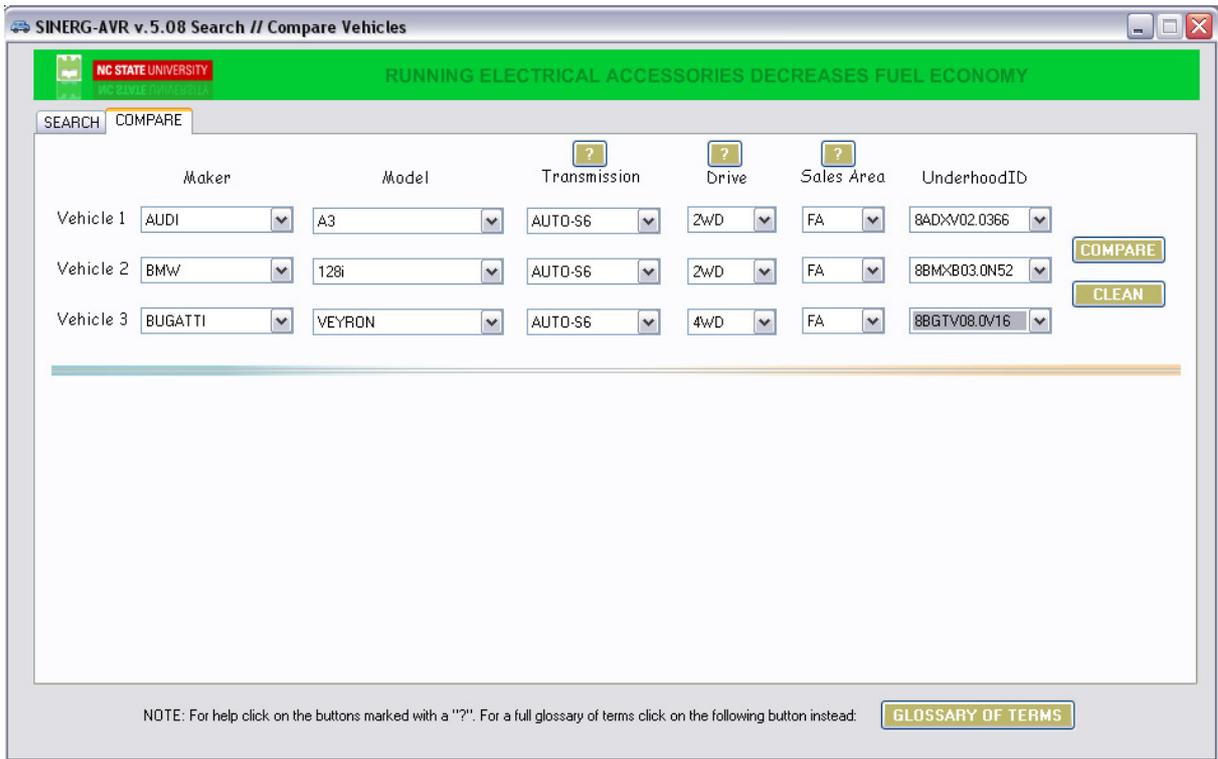


Figura 4-8 – Veículos a comparar (versão americana).

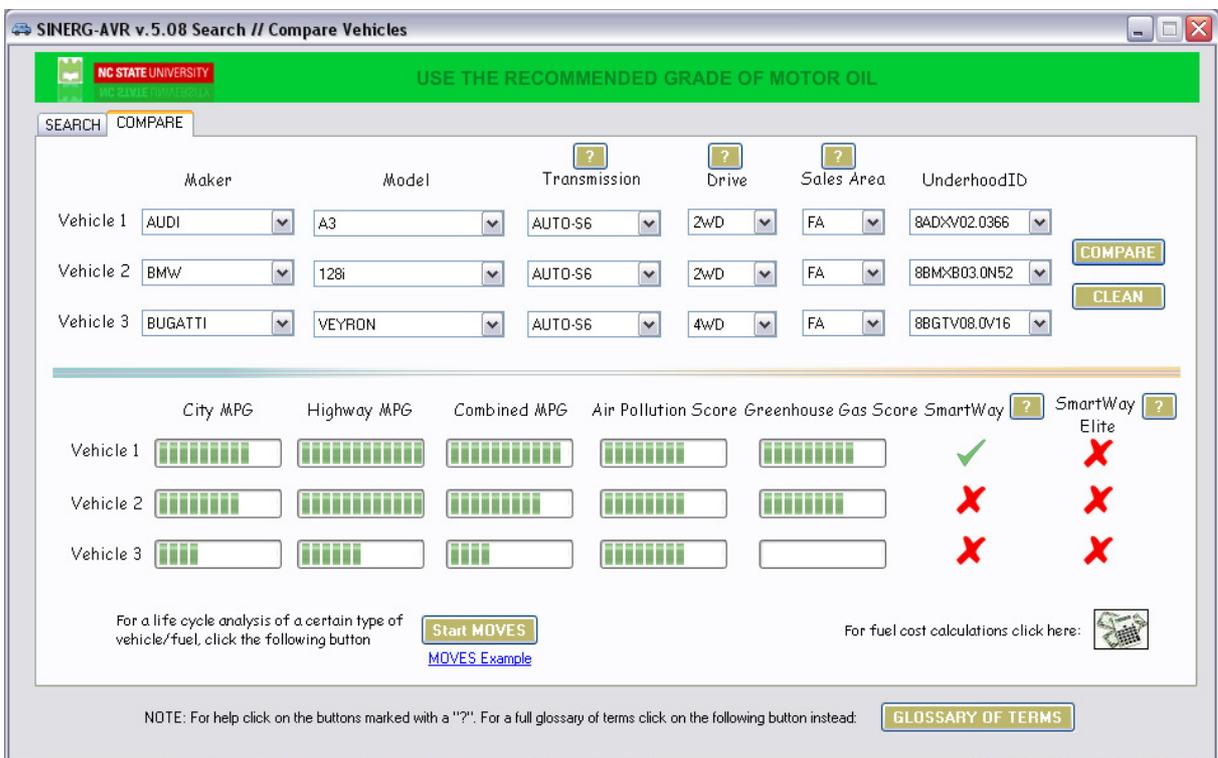


Figura 4-9 – Resultados da comparação (versão americana).

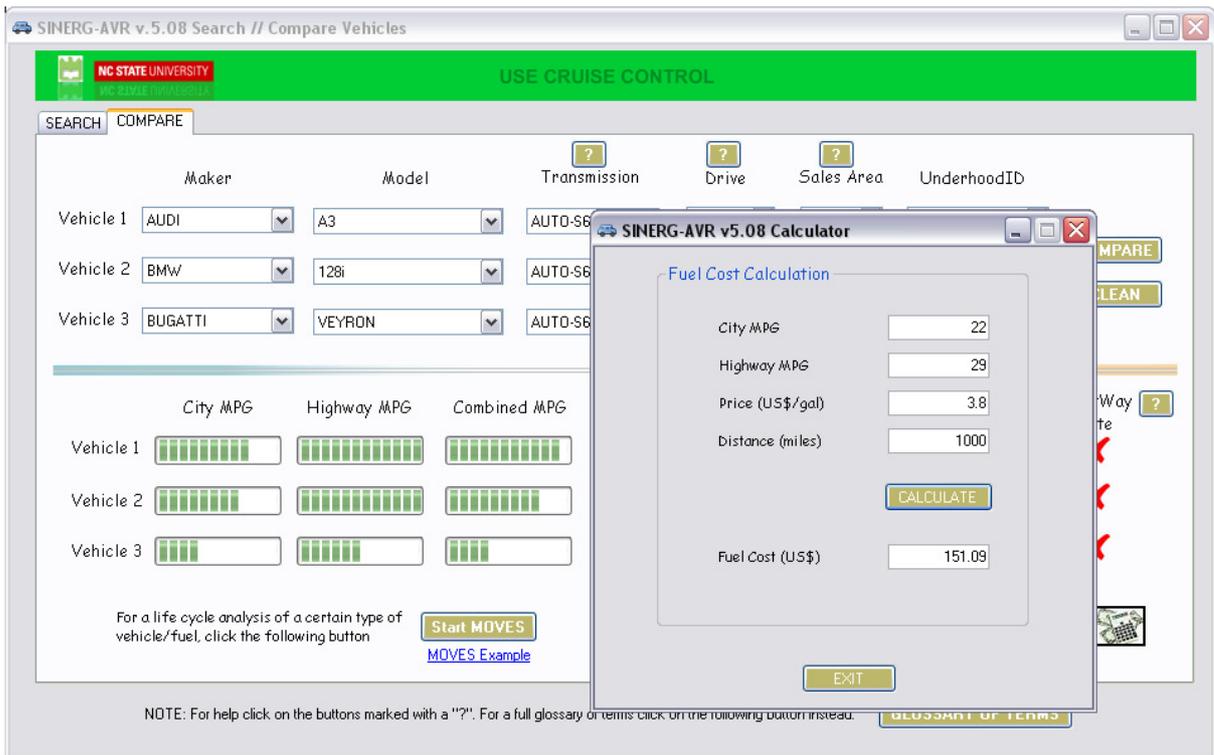


Figura 4-10 – Cálculo do custo de combustível (versão americana).

4.2 – Ferramenta de modelação MOVES

De seguida será exemplificado, nas figuras 4-11 a 4-30, o funcionamento do simulador MOVES. O exemplo diz respeito à comparação entre um veículo ligeiro a gasolina e um a Diesel, sendo a análise efectuada para consumo total de energia e emissões de CO₂.

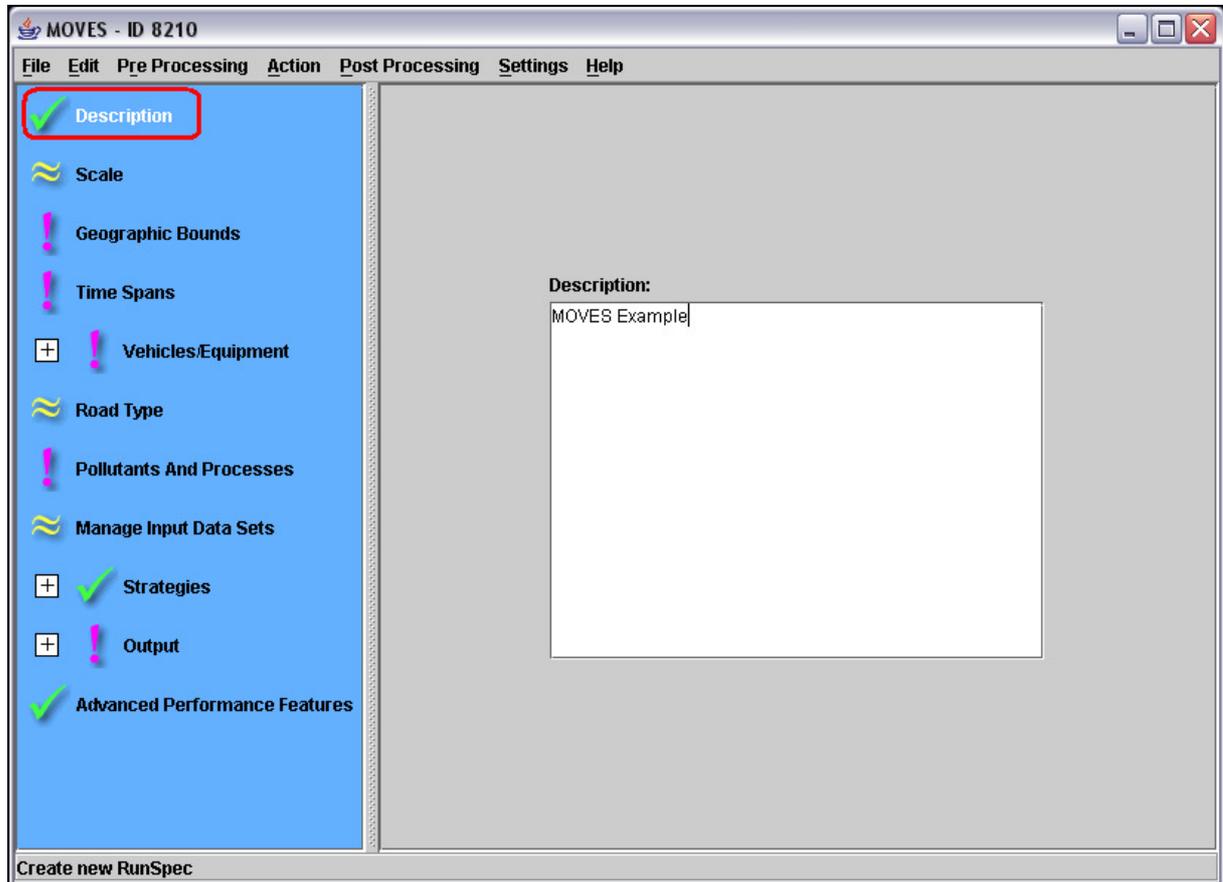


Figura 4-11 – Descrição da simulação (“RunSpec”).

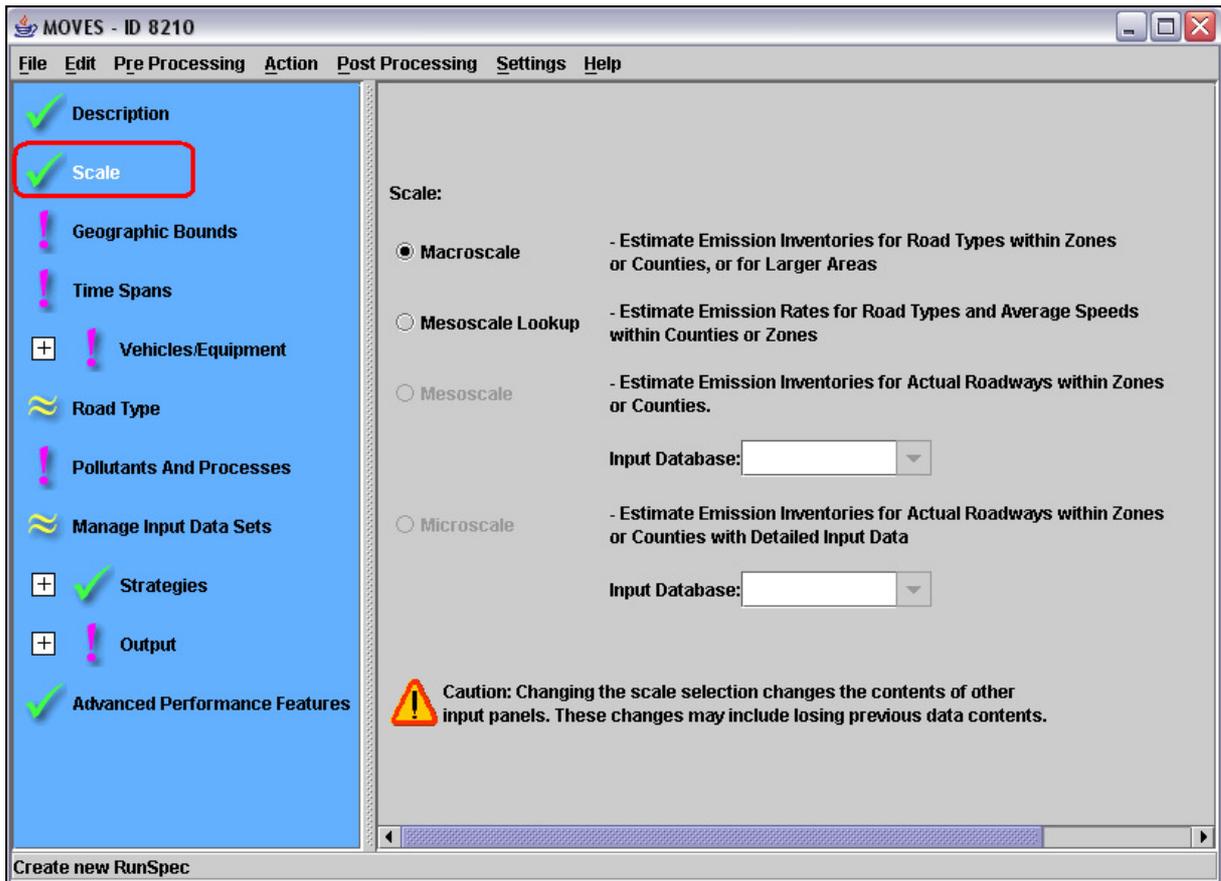


Figura 4-12 – Escolha da escala de análise.

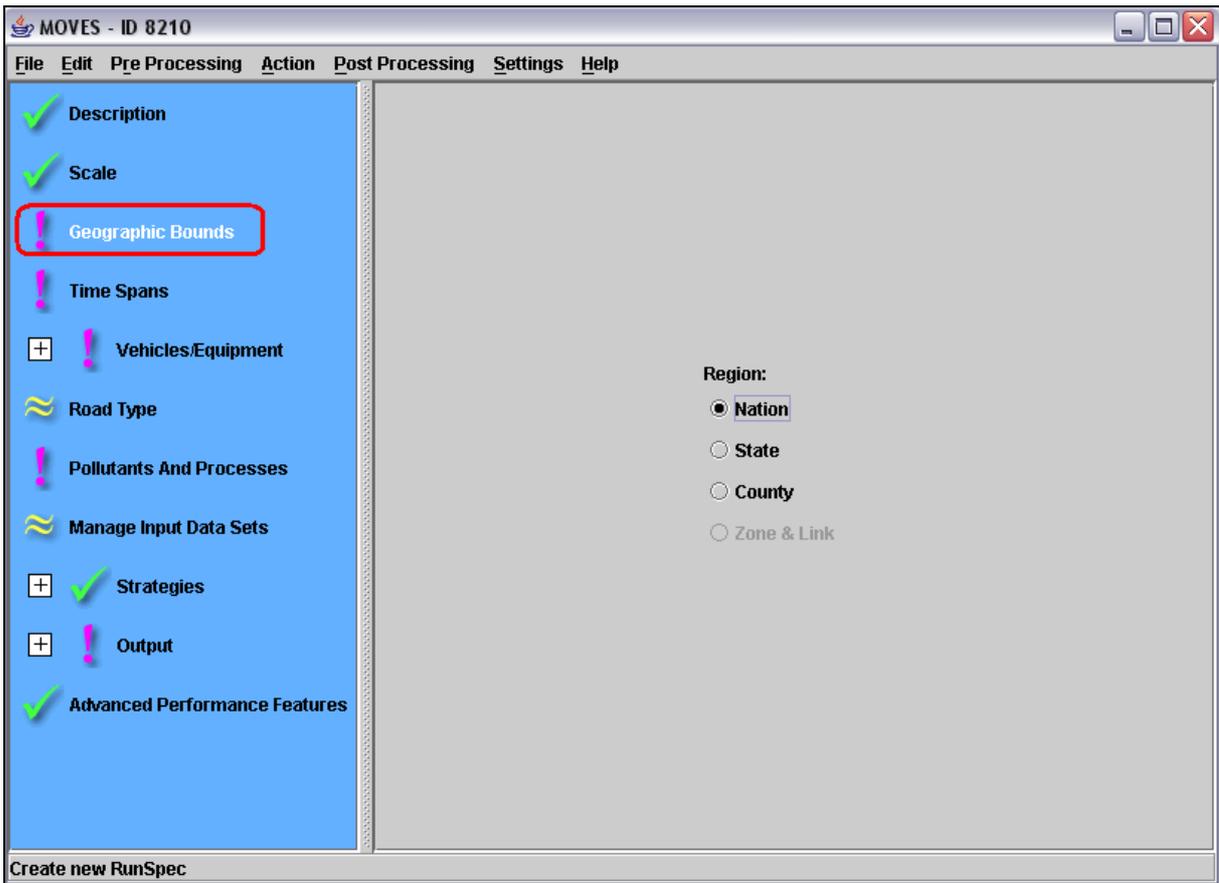


Figura 4-13 – Especificação das fronteiras geográficas a considerar.

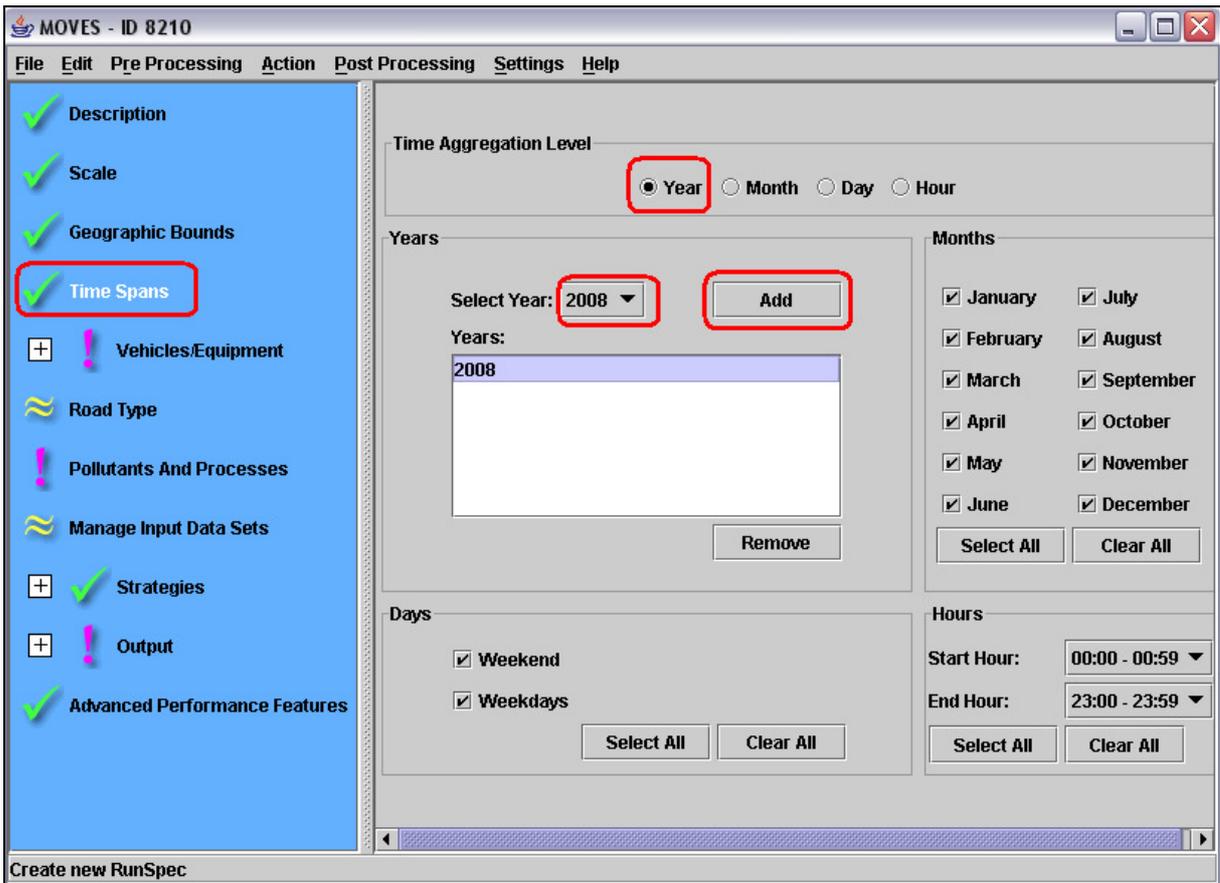


Figura 4-14 – Definição da amplitude temporal.

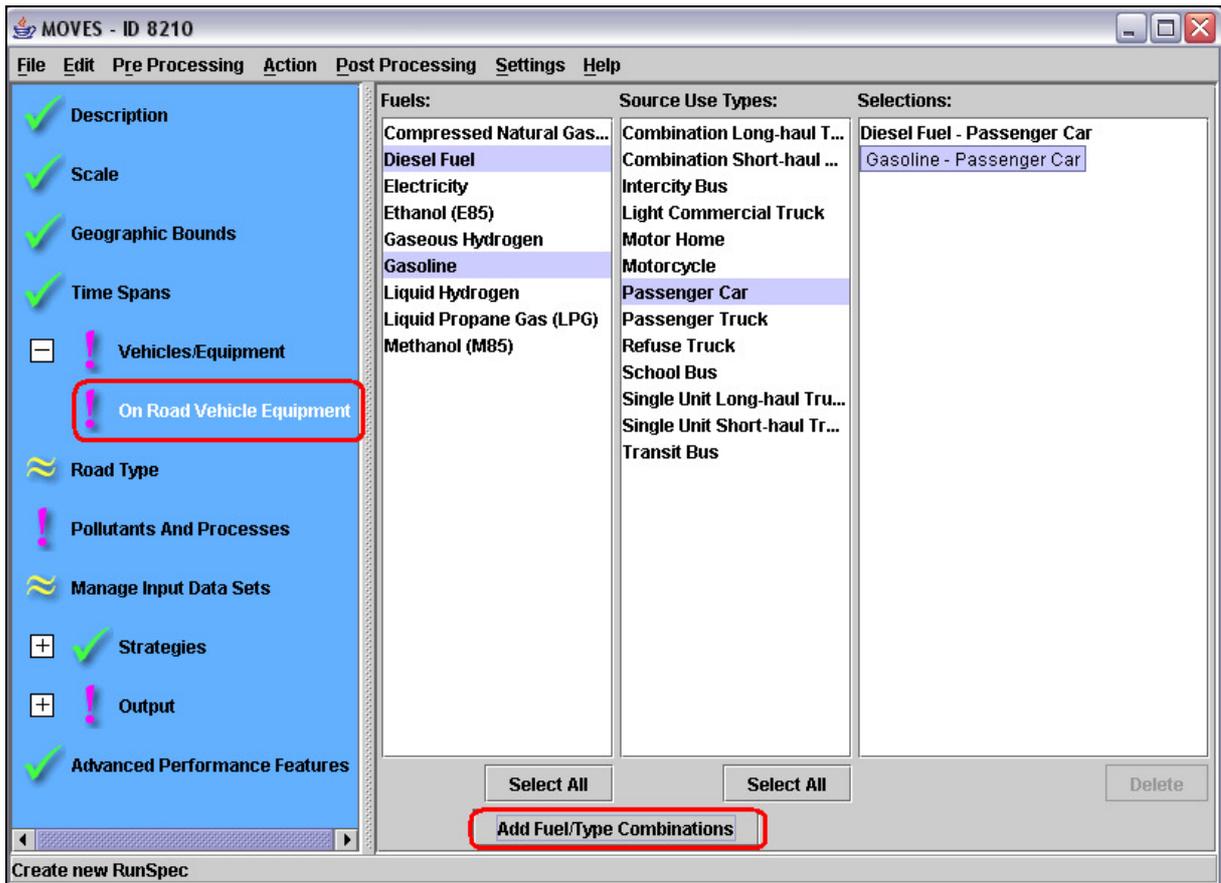


Figura 4-15 – Selecção das combinações combustível/tipos de fonte usadas.

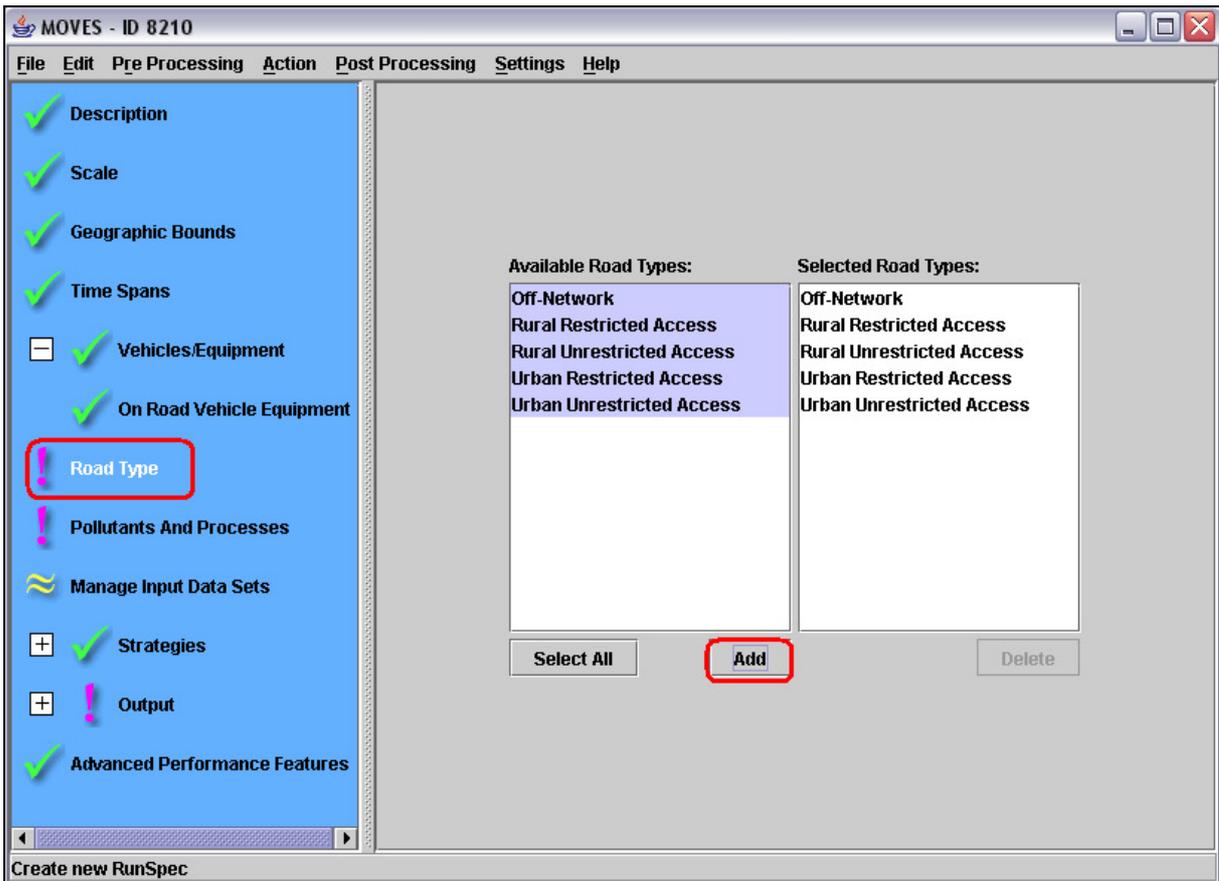


Figura 4-16 – Tipos de estradas a considerar no cálculo.

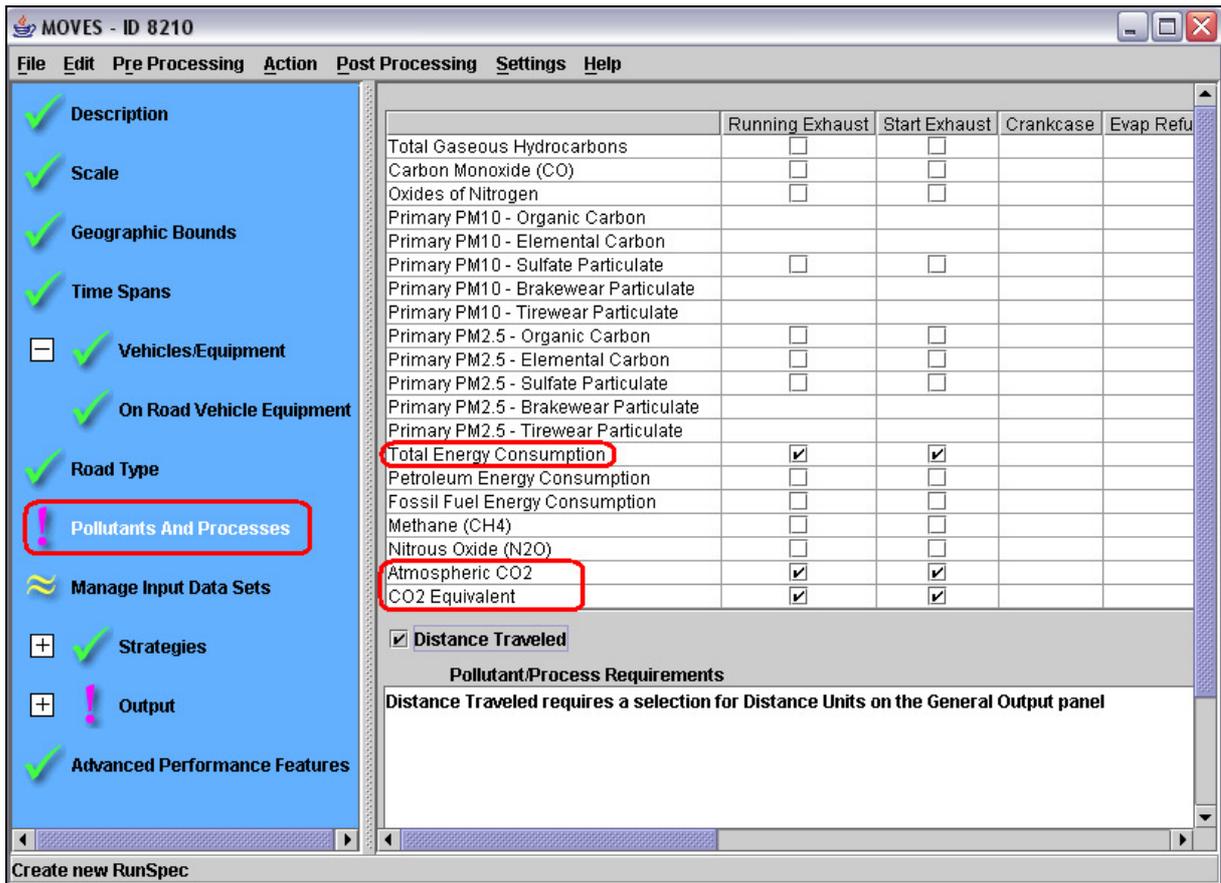


Figura 4-17 – Poluentes e processos a analisar no “RunSpec”.

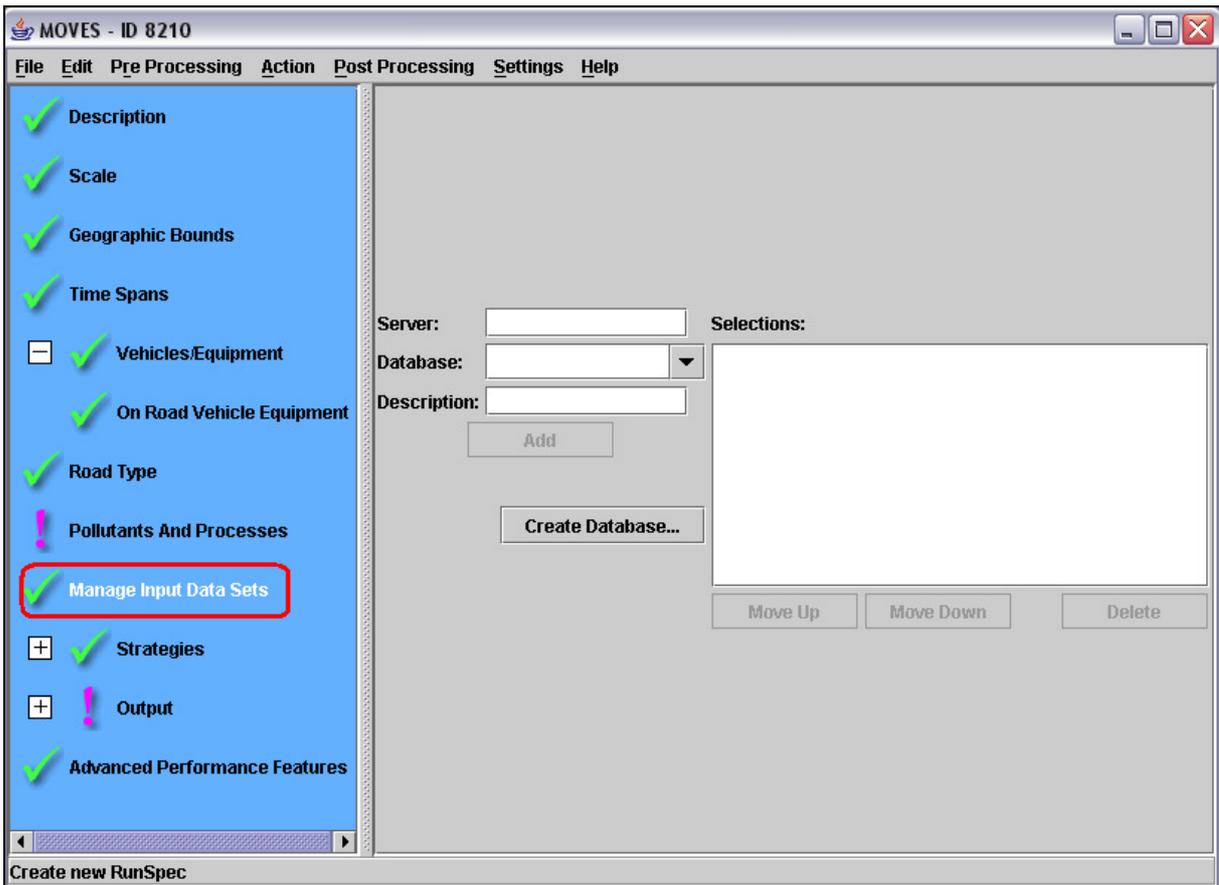


Figura 4-18 – Possibilidade de importação de bases de dados como *input* (este painel é opcional, pelo que não foram introduzidas informações).

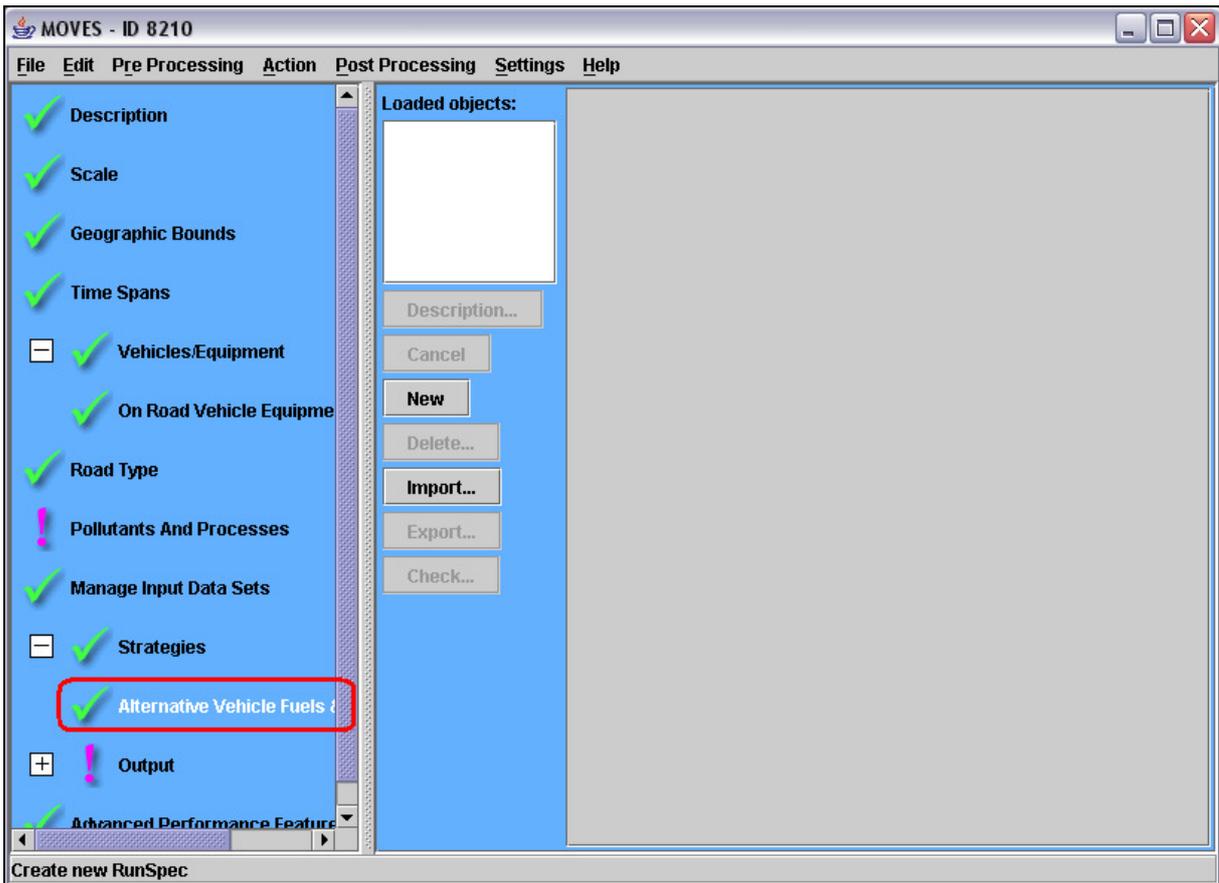


Figura 4-19 – Estratégias relativas a veículos alternativos (painel opcional, destinado a utilizadores mais avançados, que pretendam definir estratégias próprias).

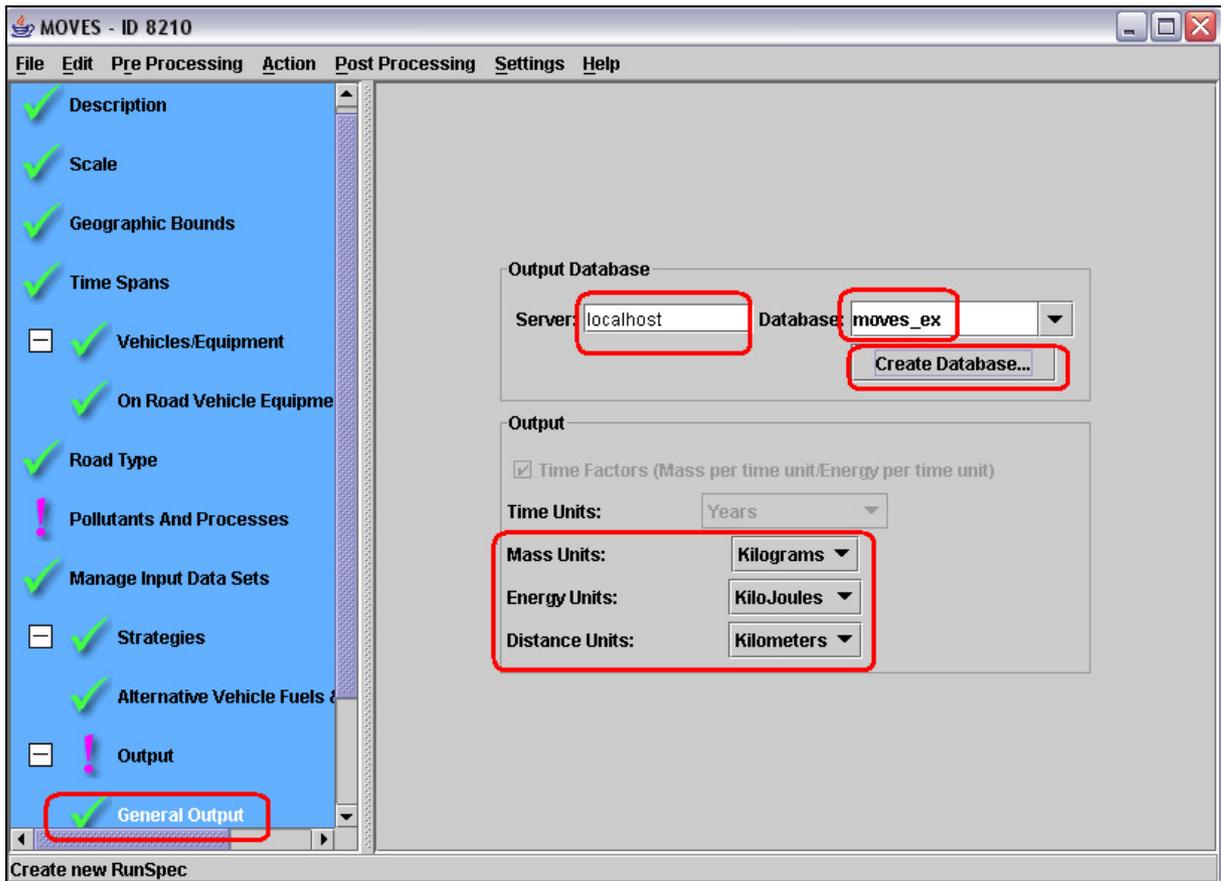


Figura 4-20 – Especificação de qual a base de dados que armazenará os resultados da execução do “RunSpec” e quais as unidades físicas em que serão apresentados esses mesmos resultados.

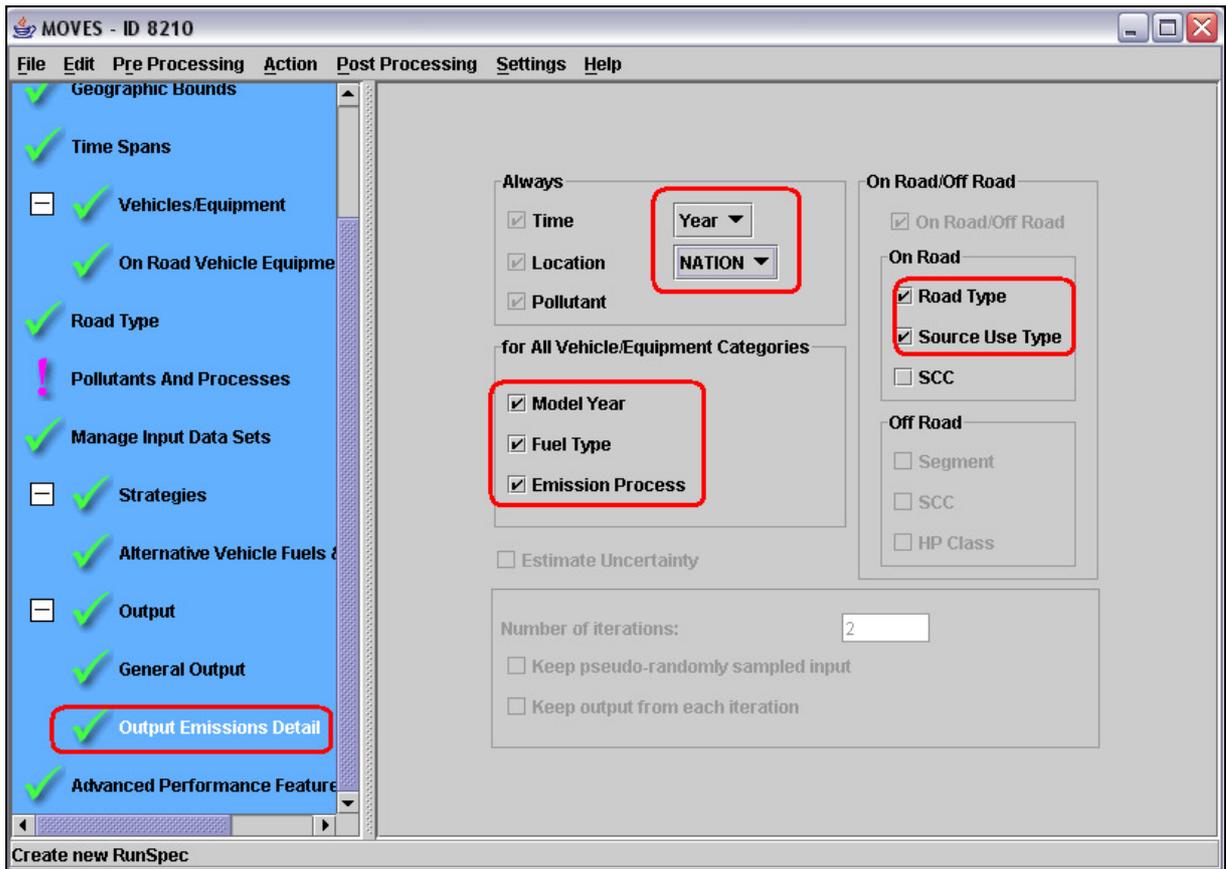


Figura 4-21 – Detalhe dos resultados a apresentar.

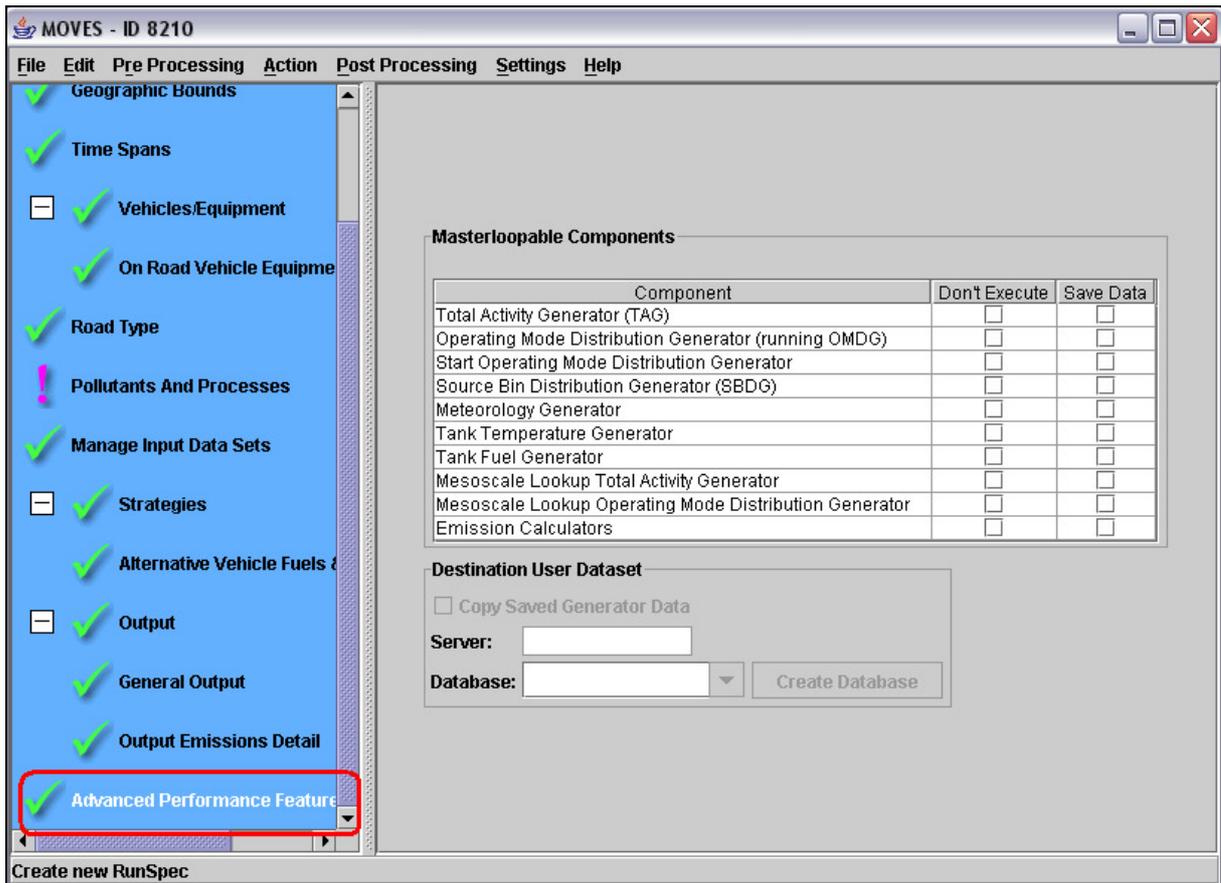


Figura 4-22 – Opções avançadas de performance (painel opcional avançado, destinado apenas a utilizadores que conheçam bem o modelo).

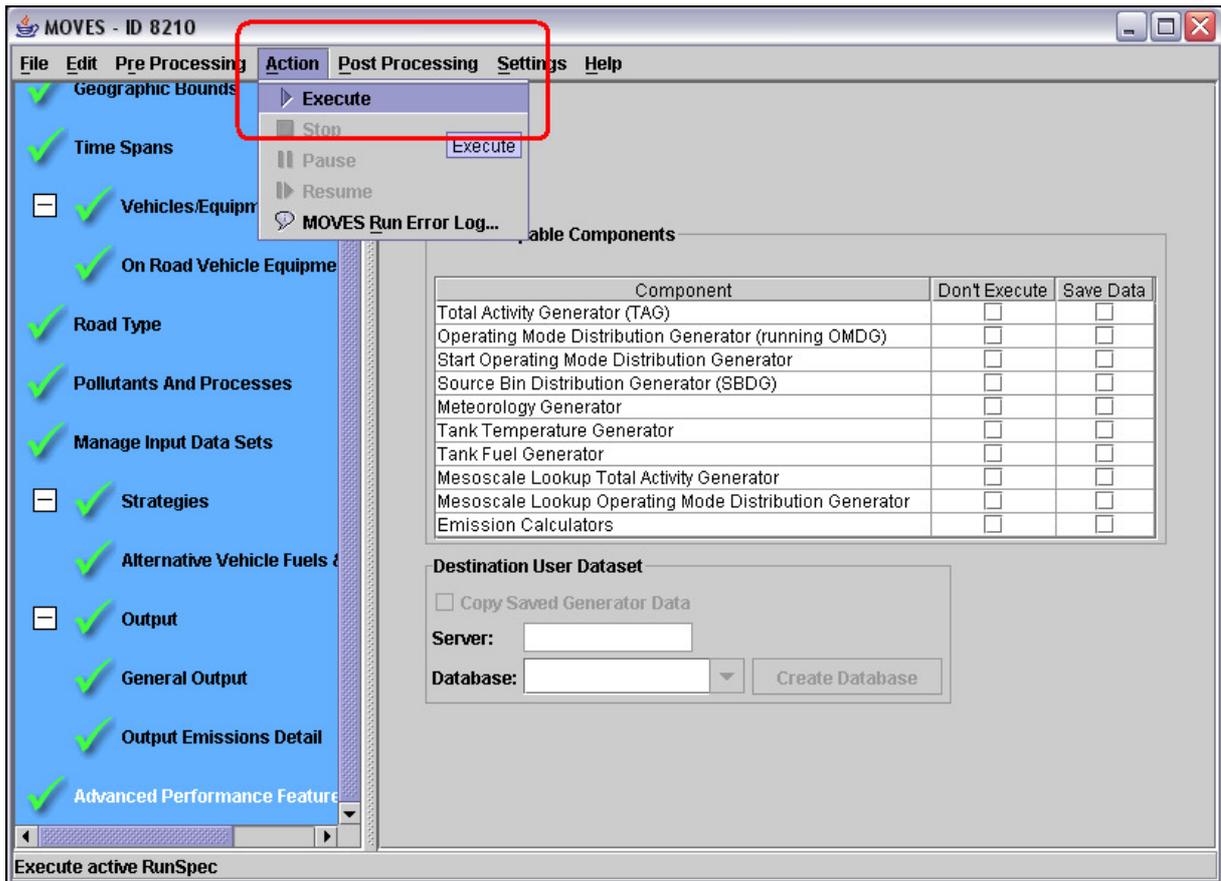


Figura 4-23 – Início da execução do “RunSpec”.

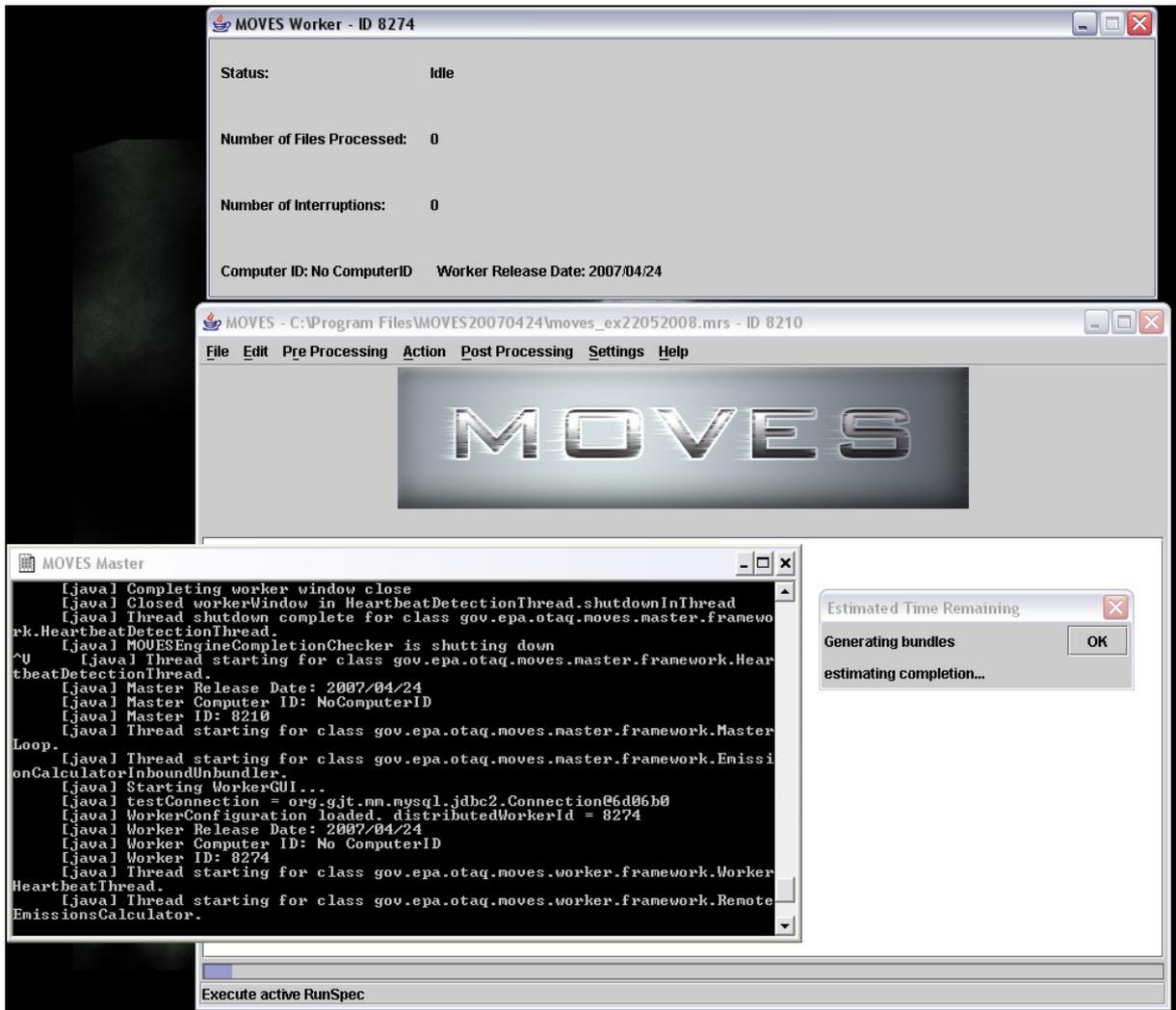


Figura 4-24 – Aspecto geral do simulador durante a execução do “RunSpec”.

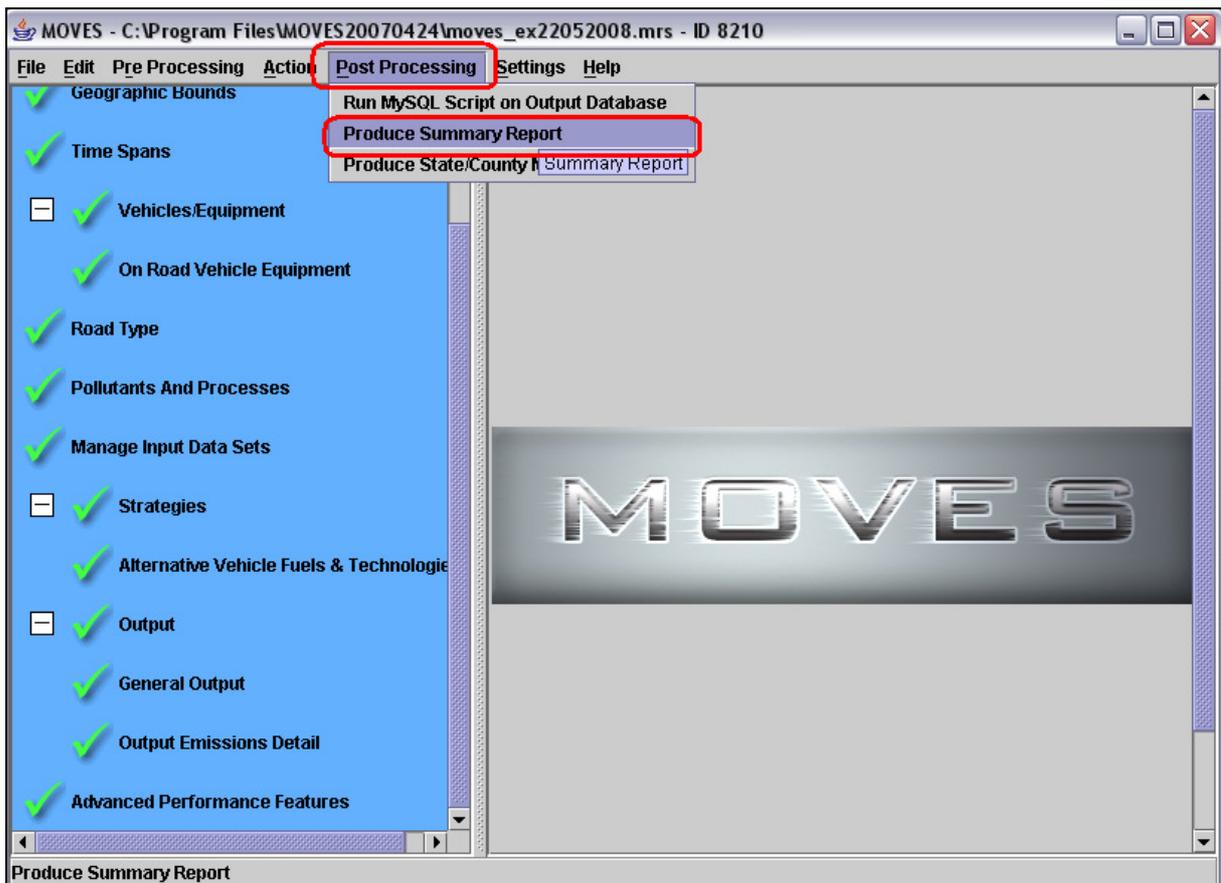


Figura 4-25 – Pós-Processamento. Selecção da opção de produzir um relatório sumário.

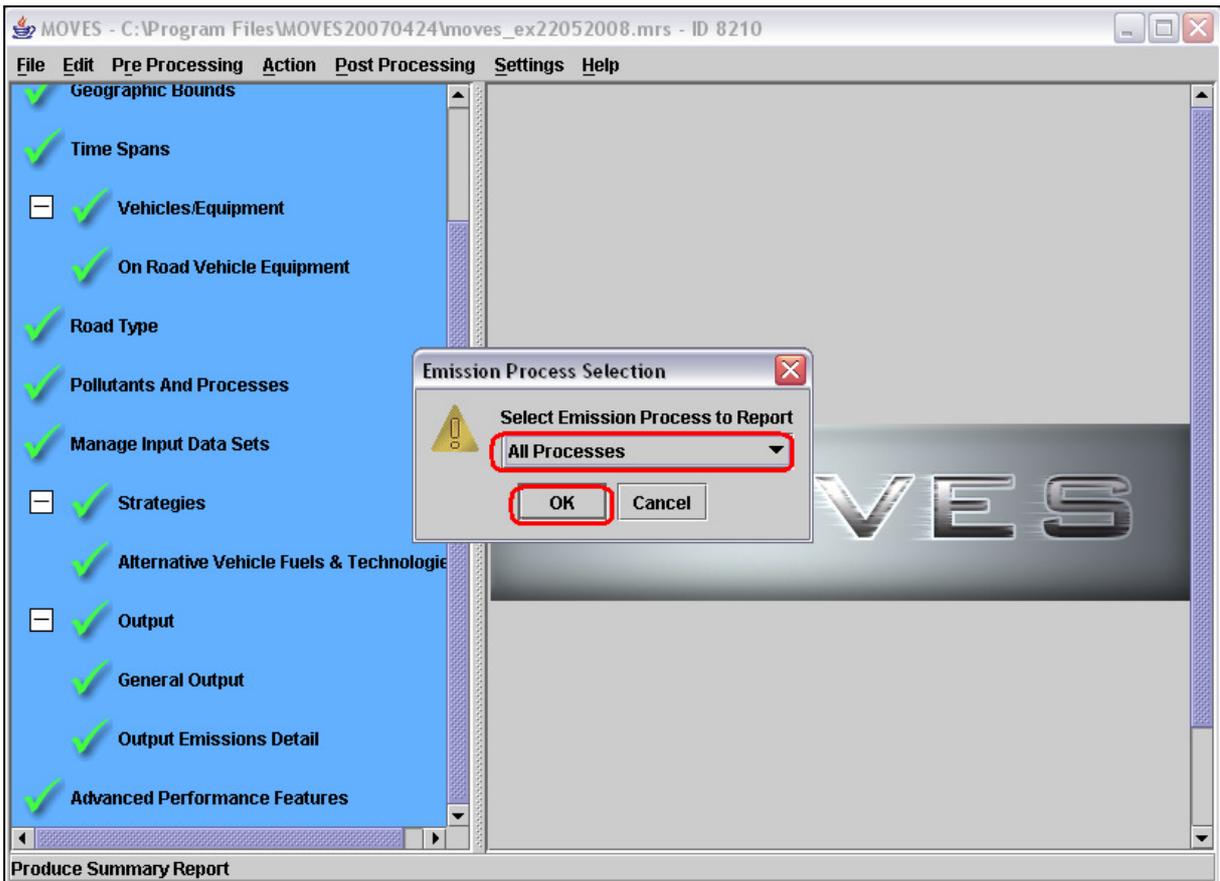


Figura 4-26 – Escolha de todos os processos de emissão.

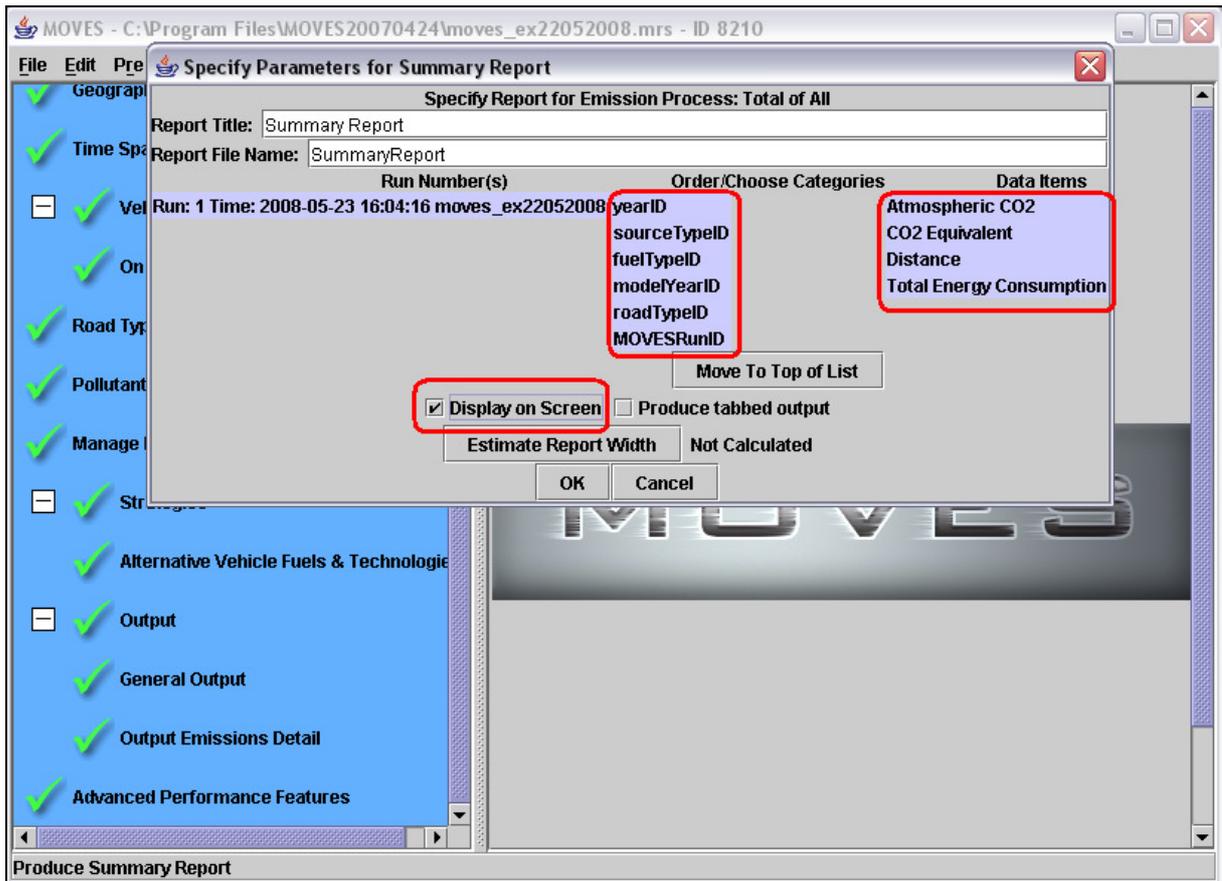


Figura 4-27 – Especificação dos parâmetros a incluir no relatório sumário e selecção da opção de mostrar os resultados no ecrã.

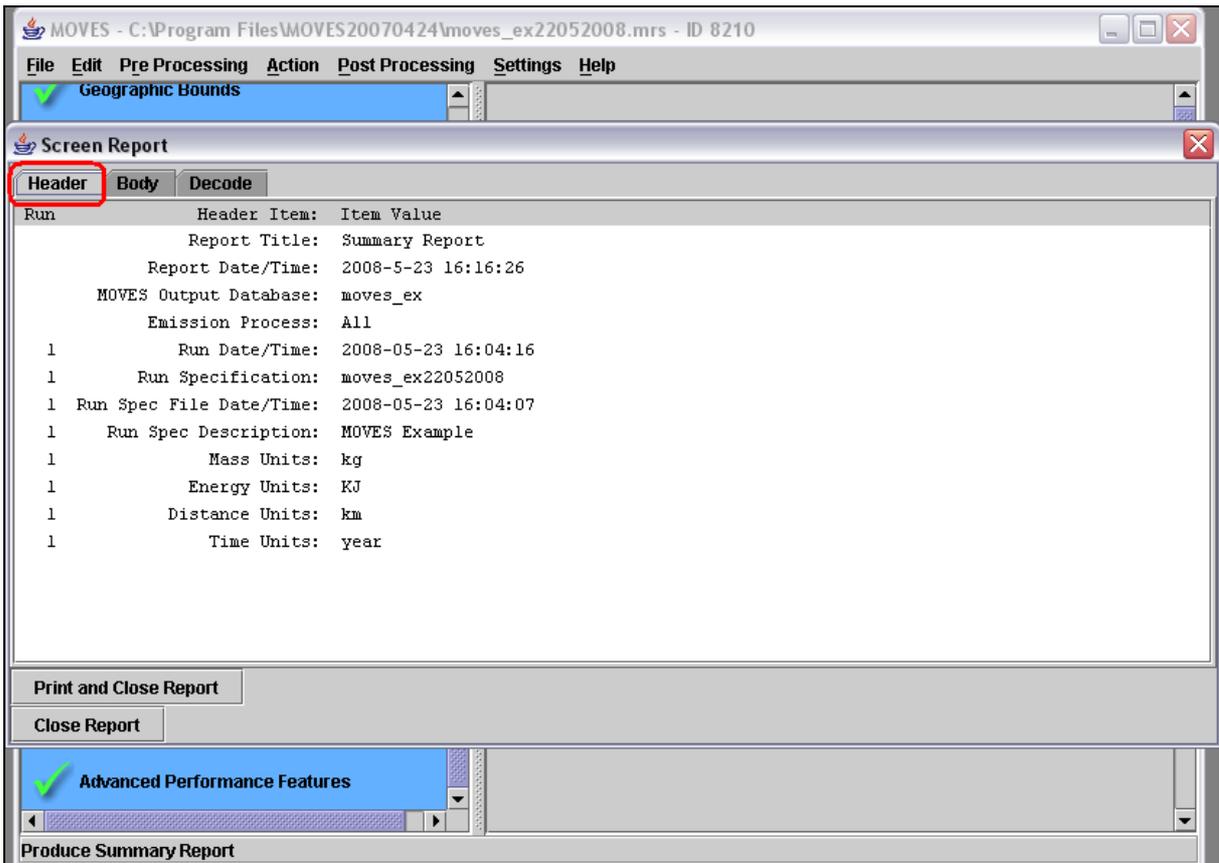


Figura 4-28 – Cabeçalho do relatório sumário.

MOVES - C:\Program Files\MOVES20070424\moves_ex22052008.mrs - ID 8210

File Edit Pre Processing Action Post Processing Settings Help

Geographic Bounds

Screen Report

Header **Body** Decode

Year	Source	Fuel	ModelYr	Road	Run	CO2	CO2_Equiv	TotalEnergy	Distance
2008	21	1	2007	2	1	3667212032	3667212032	52611801677824	20793206784
2008	21	1	2007	3	1	15462580224	15462580224	221834104537088	72048558080
2008	21	1	2007	4	1	11719530496	11719530496	168135101513728	52265218048
2008	21	1	2007	5	1	29508478976	29508478976	423345497571328	104150466560
2008	21	1	2008	1	1	6392569856	6392569856	91711300698112	
2008	21	1	2008	2	1	3808055040	3808055040	54632499904512	21580337152
2008	21	1	2008	3	1	16036750336	16036750336	230072808112128	74775912448
2008	21	1	2008	4	1	12150030336	12150030336	174311096713216	54243581952
2008	21	1	2008	5	1	30559350784	30559350784	438422007185408	108092719104
2008	21	2	1978	1	1	3329106	3329106	45662830592	
2008	21	2	1978	2	1	378136	378136	5186591232	2041421
2008	21	2	1978	3	1	1349310	1349310	18507460608	7073534
2008	21	2	1978	4	1	1016276	1016276	13939429376	5131249
2008	21	2	1978	5	1	2292418	2292418	31443310592	10225176
2008	21	2	1979	1	1	7217860	7217860	99001606144	
2008	21	2	1979	2	1	1038712	1038712	14247170048	4629938

Print and Close Report

Close Report

Advanced Performance Features

Produce Summary Report

Figura 4-29 – Corpo do relatório sumário.

MOVES - C:\Program Files\MOVES20070424\moves_ex22052008.mrs - ID 8210

File Edit Pre Processing Action Post Processing Settings Help

Geographic Bounds

Screen Report

Header **Body** **Decode**

Category	Field	Value	Description
	sourceTypeID	21	Passenger Car
	fuelTypeID	1	Gasoline
	fuelTypeID	2	Diesel Fuel
	roadTypeID	1	Off-Network
	roadTypeID	2	Rural Restricted Access
	roadTypeID	3	Rural Unrestricted Access
	roadTypeID	4	Urban Restricted Access
	roadTypeID	5	Urban Unrestricted Access

Print and Close Report

Close Report

Advanced Performance Features

Produce Summary Report

Figura 4-30 – Menu de descodificação do relatório sumário.

4.3 – Executável de instalação da aplicação SINERG-AVR

Nas figuras 4-31 a 4-35 encontra-se apresentado o processo de instalação da aplicação SINERG-AVR, recorrendo ao executável criado para o efeito.

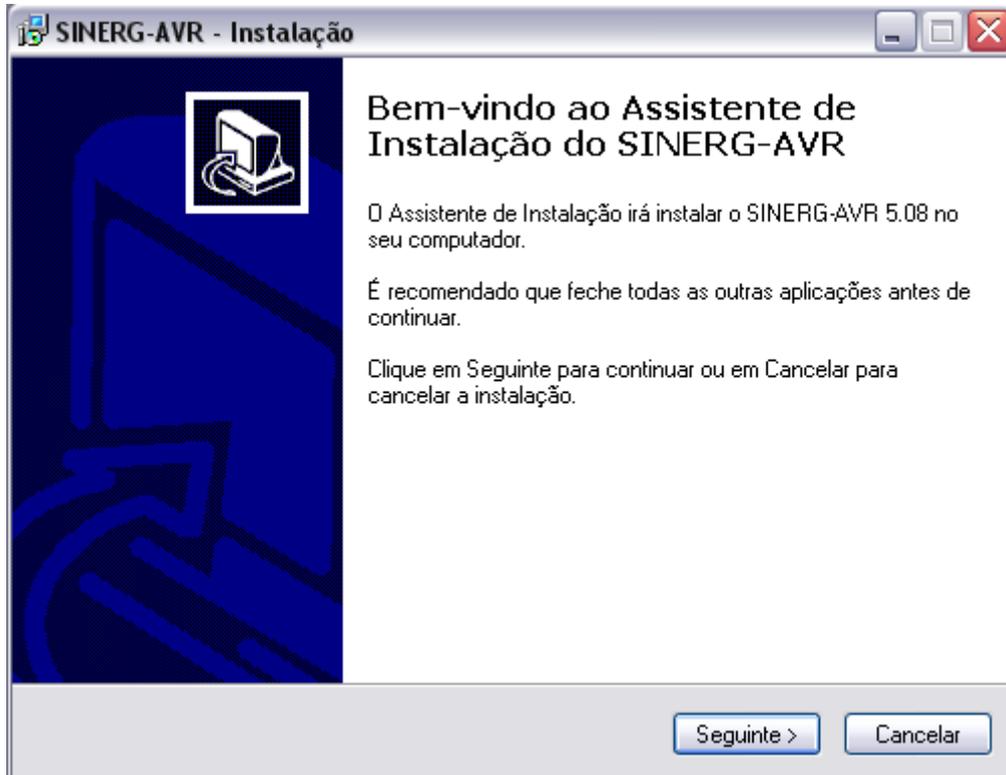


Figura 4-31 – Ecrã de boas-vindas do Assistente de Instalação.



Figura 4-32 – Opção de criação de atalhos no Menu Iniciar.

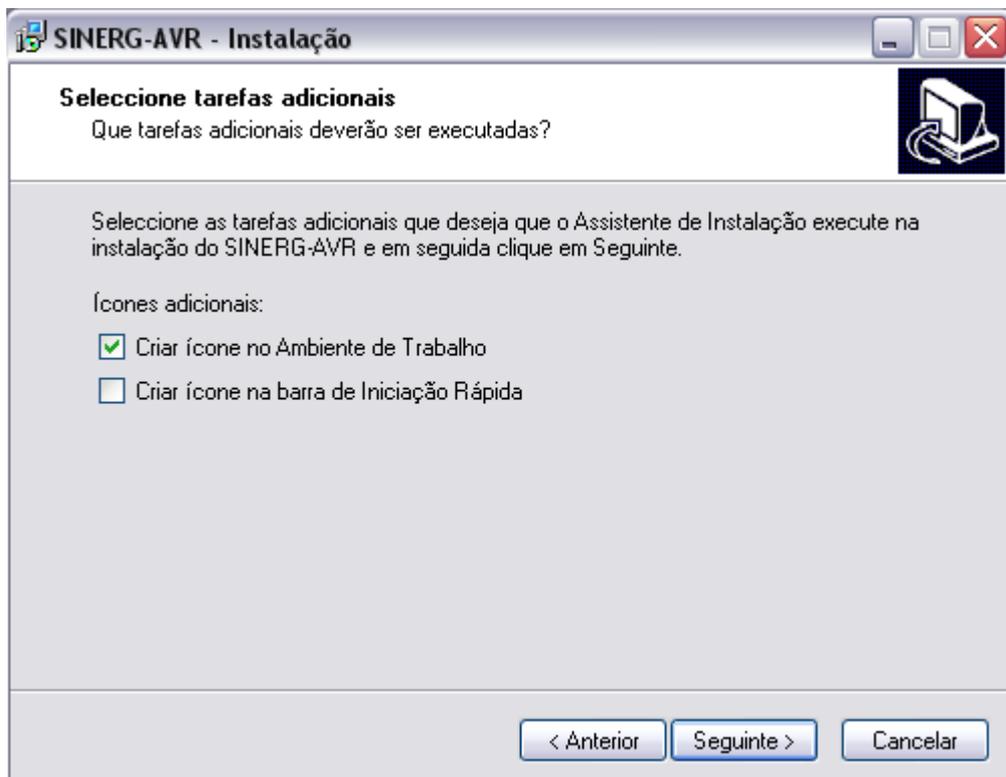


Figura 4-33 – Opção de escolha de ícones adicionais.



Figura 4-34 – Ecrã resumo do Assistente de Instalação.



Figura 4-35 – Aspecto do Assistente durante a instalação da aplicação em disco.

4.4 – Página Web do projecto

Na figura 4-36 é apresentada a página *Web*, criada em linguagem HTML, destinada a apresentar o projecto e a disponibilizar o arquivo contendo a aplicação SINERG-AVR e todas as restantes ferramentas, incluindo o simulador MOVES.



Figura 4-36 – Página *Web* do projecto.

5. Conclusões e Trabalho Futuro

Tendo este projecto um carácter pedagógico e consciencializador, pode afirmar-se que os principais objectivos só estarão cumpridos quando de facto o cidadão se aperceber das questões problemáticas que o rodeiam e agir em conformidade. É imperativo que temas como mobilidade urbana, poluição atmosférica, poupança de combustível e afectação de recursos naturais façam cada vez mais parte integrante do quotidiano de cada um. Alertar a sociedade para o congestionamento provocado pelo uso excessivo do transporte individual e para a necessidade de redução dos consumos energéticos é um objectivo ambicioso, mas exequível.

Contudo, de um ponto de vista absolutamente técnico pode considerar-se que as metas propostas no início foram cumpridas.

Para além da construção de duas bases de dados, uma para o mercado automóvel de Portugal (“siauto”) e outra para o mercado automóvel dos Estados Unidos da América (“siauto_usa”), preparadas para futuras actualizações, foi criada uma aplicação, SINERG-AVR, cujo funcionamento se adapta a qualquer tipo de utilizador, desde o mais experiente ao mais leigo, permitindo ainda alterações nas entradas das bases de dados sem ser necessário reprogramar a interface.

Com a aplicação SINERG-AVR é facultada ao cidadão a possibilidade de procurar e comparar veículos distintos e de realizar uma análise de ciclo de vida sempre que desejar. A interface tem um aspecto simples e intuitivo, indo ao encontro dos objectivos propostos. A presença de menus de ajuda e de explicações sempre que conveniente aumenta ainda mais o cariz universal da aplicação. De focar igualmente a presença de controlos *flash* informativos, cujo papel se pretende activo na formação e alerta do utilizador para pormenores que nem sempre são tomados em consideração pelo mesmo, ou por desconhecimento ou por simples falta de lembrança.

Com o arquivo criado, onde o executável da aplicação se insere, e as instruções detalhadas de instalação, é possível correr a aplicação em qualquer computador de sistema operativo Windows.

Através da página *Web* concebida é também adicionada uma alternativa a uma possível falha na incorporação dos ficheiros em página já existente, mormente na página de um dos patrocinadores do projecto. No futuro, será eventualmente necessário melhorar o seu aspecto gráfico, adicionando também mais conteúdos.

Ainda que o desenvolvimento deste projecto tenha sido conduzido meticulosamente e de forma a disponibilizar uma ferramenta de qualidade e de confiança, é importante salientar que muito se pode ainda melhorar sobre o trabalho já realizado.

Neste momento, a interface encontra-se desprovida, porventura, de outras funcionalidades também importantes. A adição de mais algumas opções de pesquisa, de imagens dos veículos, do preço dos mesmos e de ligações a páginas externas (como por exemplo às páginas dos fabricantes de automóveis e de projectos similares a este), podem ser mais-valias a implementar.

Por ser uma área em constante mutação, em que regularmente são lançados no mercado novos modelos de automóveis, é obviamente necessário que se mantenha um esforço constante de actualização das bases de dados. Esta actualização pode ser anual, na certeza porém de não ser uma tarefa fácil, ainda que importe salientar que tanto o Guia de Economia de Combustível disponibilizado pela DGV como o *Green Vehicle Guide* da US EPA, constituem uma valiosa ajuda na execução desta tarefa. Se se mantiver o lançamento anual destes documentos, de forma gratuita, então a actualização das bases de dados poderá continuar a ser realizada nos moldes em que foi efectuada durante a execução da presente versão da aplicação, caso contrário, parcerias com outras organizações (governamentais e/ou não governamentais) terão de ser efectuadas para se garantir a actualidade e fiabilidade da informação.

Um outro aspecto a melhorar será a integração da aplicação SINERG-AVR com o simulador MOVES, nomeadamente no que se refere a visualização de resultados e descodificação dos mesmos. Tal integração não foi realizada devido ao carácter de personalização permitido pelo MOVES, isto é, cabe ao utilizador definir todos os parâmetros, incluindo a base de dados onde deseja que o programa escreva os resultados da simulação. Requisitar do utilizador que introduza na aplicação SINERG-AVR todos os parâmetros que usou para correr determinada simulação no MOVES (para que esta automaticamente consiga saber o que procura e onde) é aumentar a complexidade do processo, sem necessidade, dado que o MOVES possui um menu de visualização de resultados. Nesta fase de desenvolvimento do MOVES tal integração é ainda difícil e até indesejada, pelos motivos referidos anteriormente, mas caso o paradigma se altere (se por exemplo se tornar possível exportar os resultados para um ficheiro *Excel* ou *Word*) seria interessante que a aplicação SINERG-AVR automaticamente conseguisse mostrar os resultados da execução de uma simulação de análise de ciclo de vida.

Igualmente importante seria, no futuro, comparar os resultados obtidos com o MOVES com outras aplicações do género, de modo a obter uma visão mais clara e ampla da capacidade dos modelos de cálculo inerentes a cada um deles, nomeadamente saber se os resultados apresentados para uma mesma situação são ou não demasiado díspares.

Nota ainda para o carácter abrangente da aplicação, uma vez que se juntou num só local informação proveniente de diversas fontes. Este facto permitiu criar uma aplicação mais completa e fiável, com o objectivo último de fazer chegar a “palavra” ao maior número de cidadãos possível. Com este passo não se pretendeu denegrir nenhuma organização, antes pelo contrário, pretendeu-se enaltecer o esforço por elas dedicado à temática dos transportes *versus* ambiente e recursos naturais. Este não é, portanto, um projecto isolado, mas antes possui pedaços do esforço de várias entidades.

6. Referências Bibliográficas

1. ACAP – Associação Automóvel de Portugal, <http://www.acap.pt/>, Último acesso em 04-06-2008
2. ADEME – Car Labelling, http://www.ademe.fr/auto-diag/transport/car_lab/carlabelling/, Último acesso em 04-06-2008
3. APVGN, <http://www.apvgn.pt/veiculos/caddy.html>, Último acesso em 04-06-2008
4. Automotive, <http://www.automotive.co.at/>, Último acesso em 04-06-2008
5. Auto Motor (Maio 2008). *Auto Motor N.º 227 VOL. 19*. Cofina media.
6. Chamberlin, D. D., Boyce, R. F. (1974). *SEQUEL: A Structured English Query Language*. Proceedings of the 1974 ACM SIGFIDET Workshop on Data Description, Access and Control, pp. 249-264.
7. Codd, E. F. (1970). *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*. Communications of the ACM 13 (6), pp. 377–387.
8. Codd, E. F. (1972). *Further Normalization of the Data Base Relational Model*, in Randall J. Rustin (ed.), *Data Base Systems*, Courant Computer Science Symposia Series 6. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
9. Codd, E. F. (1974). *Recent Investigations into Relational Data Base Systems*. Proc. IFIP Congress, Stockholm, Sweden, and elsewhere.
10. Damas, L. (2005). *SQL – Structured Query Language*. FCA Editora.
11. Date, C. J. (2004). *An introduction to Database Systems*. Addison-Wesley Publishing Company.
12. Date, C. J. (2005). *Database in Depth: Relational Theory for Practitioners*. O'Reilly.
13. DGV, http://www.dgv.pt/veiculos/guia_pesquisa.asp#, Último acesso em 04-06-2008
14. DGV (2008). *Guia Economia de Combustível – Automóveis 2008*. Direcção Geral de Viação.
15. Dieselnet – GHG Agreement, <http://www.dieselnet.com/standards/eu/ghg.php#acea>, Último acesso em 04-06-2008
16. Dreamweaver, <http://www.adobe.com/products/dreamweaver/>, Último acesso em 04-06-2008
17. Drive Clean, <http://www.driveclean.ca.gov/>, Último acesso em 04-06-2008
18. EC – CO2 Database, http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_database.htm, Último acesso em 04-06-2008
19. Ecoscore, <http://www.milieu vriendel ijkvoertuig.be/ecoscore/>, Último acesso em 04-06-2008
20. EPA – Green Vehicles, <http://www.epa.gov/greenvehicles/>, Último acesso em 04-06-2008
21. EPA Ratings, <http://www.epa.gov/greenvehicles/Aboutratings.do>, Último acesso em 04-06-2008
22. Fagin, R. (1977). *Multi-valued Dependencies and a New Normal Form for Relational Databases*. ACM TODS 2, No. 3.
23. FIAT Group Automobile Press, <http://www.fiatgroupautomobilespress.com/index.php?method=cartelle&action=article&id=20041220312507921bb758e1c54ff376ee48d8955f539a6&format=print>, Último acesso em 04-06-2008

24. Fuel Consumption Guide Database 1986-2003, <http://www.environment.gov.au/settlements/transport/fuelguide/>, Último acesso em 04-06-2008
25. Fuel Economy, <http://www.fueleconomy.gov/>, Último acesso em 04-06-2008
26. Fuel Saver, <http://www.fuelsaver.govt.nz/>, Último acesso em 04-06-2008
27. Gadgetopia, <http://gadgetopia.com/post/4293>, Último acesso em 04-06-2008
28. GNU General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/licenses.html#GPL>, Último acesso em 04-06-2008
29. Green Fleet, <http://www.greenfleet.org.nz/>, Último acesso em 04-06-2008
30. Green Vehicle Guide Australia, <http://www.greenvehicleguide.gov.au/>, Último acesso em 04-06-2008
31. Green Vehicle News, <http://www.greenvehiclenews.com/>, Último acesso em 04-06-2008
32. Halvorsson, M. (2003). *Microsoft Visual Basic.NET Step By Step – Version 2003*. Microsoft Press.
33. Harrington, W. (1997). *Fuel Economy and Motor Vehicle Emissions*. Journal of Environmental Economics and Management, Volume 33, Issue 3, pp. 240-252.
34. Heath, I. (1971). *Unacceptable File Operations in a Relational Database*. Proc. Of 1971 ACM SIGFIDET Workshop on Data Description, Access, and Control, San Diego, Calif.
35. Het Nieuwe Rijden, <http://www.hetnieuwerijden.nl/>, Último acesso em 04-06-2008
36. Hvor langt på literen, <http://www.hvorlangtpaaliteren.dk/>, Último acesso em 04-06-2008
37. IDAE, <http://www.idae.es/coches/>, Último acesso em 04-06-2008
38. Inno Setup Compiler, <http://www.innosetup.com/isinfo.php>, Último acesso em 04-06-2008
39. Konsumentverket/KO – Bilar, <http://www.bilar.konsumentverket.se/>, Último acesso em 04-06-2008
40. Kroenke, D. M. (1997). *Database Processing: Fundamentals, Design, and Implementation*. Prentice-Hall, Inc.
41. MOBILE6, <http://www.epa.gov/oms/m6.htm>, Último acesso em 04-06-2008
42. Motiva – Autotietokanta, <http://www.motiva.fi/fi/autotietokanta/>, Último acesso em 04-06-2008
43. MOVES, <http://www.epa.gov/oms/ngm.htm>, Último acesso em 04-06-2008
44. MySQL, <http://www.mysql.com/why-mysql/>. Último acesso em 04-06-2008
45. MySQL Connector/NET, <http://dev.mysql.com/downloads/connector/net/5.1.html>, Último acesso em 04-06-2008
46. MySQL Reference Manual, <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/>, Último acesso em 04-06-2008
47. NONROAD, <http://www.epa.gov/oms/nonrdmdl.htm>, Último acesso em 04-06-2008
48. SIMI, <http://www.simi.ie/>, Último acesso em 04-06-2008
49. US EPA (2004). *MOVES2004 User's Guide – Draft*. U.S. Environmental Protection Agency.
50. Useit, http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html, Último acesso em 04-06-2008
51. VCA Car Fuel Data, <http://www.vcacarfueldata.org.uk/>, Último acesso em 04-06-2008
52. Vehicle Rating System and SmartWay Thresholds, <http://www.epa.gov/greenvehicles/smartwaychart.pdf>, Último acesso em 04-06-2008

53. Wikipédia, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sinergia>, Último acesso em 04-06-2008

Anexos

A.1 – Comandos e Cláusulas SQL

A instrução SELECT é sem dúvida a mais usada e importante da linguagem SQL. É com este comando que se fazem sempre as interrogações (*queries*) às bases de dados relacionais. Existem, associadas a si, cláusulas e palavras-chave opcionais, como por exemplo: FROM, WHERE, GROUP BY, HAVING, ORDER BY e DISTINCT.

Principais comandos SQL:

SELECT – Retorna dados presentes numa determinada tabela, ou tabelas relacionadas, numa base de dados.

INSERT – Usado para adicionar linhas (*tuples*) a uma tabela existente.

UPDATE – Usado para modificar o valor de um conjunto existente de linhas de uma tabela.

DELETE – Remove zero ou mais linhas existentes numa tabela.

CREATE – Cria um objecto (por exemplo uma tabela) no interior de uma determinada base de dados.

ALTER – Este comando permite ao utilizador modificar um objecto existente de vários modos, p.e., adicionar uma coluna a uma tabela existente.

DROP – Apaga, geralmente de forma irreversível, um objecto de uma base de dados.

GRANT – Autoriza um ou mais utilizadores a efectuar uma operação (ou conjunto de operações) sobre um objecto.

REVOKE – Remove ou restringe a capacidade de um utilizador realizar uma ou mais operações sobre a base de dados.

Principais cláusulas SQL:

FROM – Cláusula que indica a tabela ou tabelas das quais os dados serão recuperados. Pode inclusivamente conter cláusulas JOIN opcionais de modo a realizar a junção de tabelas, de acordo com critérios especificados pelo utilizador.

WHERE – Cláusula que inclui uma condição de comparação, usada para restringir o número de linhas a retornar pela *query*. Aplicada antes da cláusula GROUP BY. A cláusula WHERE elimina dos resultados todas as linhas cujo valor, de acordo com a comparação estabelecida, não for verdadeiro (TRUE).

GROUP BY – Cláusula usada para combinar, ou agrupar, linhas com valores relacionados em elementos com um menor conjunto de linhas. Frequentemente usada para eliminar duplicação de linhas nos resultados.

HAVING – Esta cláusula inclui uma condição de comparação usada para eliminar linhas depois de a cláusula GROUP BY ser aplicada aos resultados.

ORDER BY – Cláusula usada para identificar quais as colunas responsáveis por organizar os resultados e por que ordem estes devem ser organizados (as opções são ASC para ascendente e DESC para descendente). A ordem pela qual as linhas são retornadas pela base de dados nunca é garantida a menos que uma cláusula ORDER BY seja especificada.

DISTINCT – Permite eliminar repetições nos resultados, nomeadamente as existentes nas linhas resultantes da aplicação de um SELECT.

A.2 – Scripts Bases de Dados

- Base de Dados “siauto” – Portugal

```
CREATE DATABASE siauto;
USE siauto;

CREATE TABLE m_marca
(
M_NomeMarca CHAR(20) NOT NULL PRIMARY KEY,
M_EnderecoWeb CHAR(60) NOT NULL DEFAULT 'Nao Disponivel'
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE tm_transmissao
(
TM_NomeTransmissao ENUM('M','A','-') NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT 'M',
TM_Descricao CHAR(17) NOT NULL
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE co_combustivel
(
CO_NomeCombustivel CHAR(10) NOT NULL PRIMARY KEY,
CO_Descricao CHAR(200)
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE ct_categoria
(
CT_NomeCategoria CHAR(5) NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT '1',
CT_Descricao CHAR(20) NOT NULL
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE mp_modopropulsao
(
MP_NomeModo CHAR(10) NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT 'MACI',
MP_Designacao CHAR(200) NOT NULL
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE mv_modeloversao
(
MV_M_NomeMarca CHAR(20) NOT NULL,
MV_ModeloVersao CHAR(70) NOT NULL,
MV_TM_NomeTransmissao ENUM('M','A','-') NOT NULL DEFAULT 'M',
MV_NVelocidades TINYINT UNSIGNED NOT NULL,
MV_CO_NomeCombustivel CHAR(10) NOT NULL,
MV_Cilindrada SMALLINT UNSIGNED NOT NULL,
MV_Potencia SMALLINT UNSIGNED NOT NULL,
MV_ConsumoUrbano FLOAT UNSIGNED NOT NULL,
MV_ConsumoExtraUrbano FLOAT UNSIGNED NOT NULL,
MV_ConsumoMisto FLOAT UNSIGNED NOT NULL,
MV_EmissaoCO2 FLOAT UNSIGNED NOT NULL,
MV_MP_NomeModo CHAR(10) NOT NULL DEFAULT 'MACI',
MV_Ano SMALLINT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '2008',
MV_CT_NomeCategoria CHAR(5) NOT NULL DEFAULT '1',
MV_Preco FLOAT UNSIGNED NOT NULL,
PRIMARY KEY
(MV_M_NomeMarca,MV_ModeloVersao,MV_TM_NomeTransmissao,MV_Potencia),
FOREIGN KEY (MV_M_NomeMarca) REFERENCES m_marca (M_NomeMarca),
```

```
FOREIGN KEY (MV_TM_NomeTransmissao) REFERENCES tm_transmissao  
(TM_NomeTransmissao),  
FOREIGN KEY (MV_CO_NomeCombustivel) REFERENCES co_combustivel  
(CO_NomeCombustivel),  
FOREIGN KEY (MV_MP_NomeModo) REFERENCES mp_modopropulsao (MP_NomeModo),  
FOREIGN KEY (MV_CT_NomeCategoria) REFERENCES ct_categoria  
(CT_NomeCategoria)  
)ENGINE = MyISAM;
```

- **Base de Dados “siauto_usa” – Estados Unidos da América**

```
CREATE DATABASE siauto_usa;
USE siauto_usa;

CREATE TABLE m_maker
(
M_MakerName CHAR(20) NOT NULL PRIMARY KEY,
M_Website CHAR(60) NOT NULL DEFAULT 'No Data'
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE t_transmission
(
T_TransmissionName CHAR(15) NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT '-',
T_Description CHAR(60)
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE d_drive
(
D_DriveName ENUM('2WD','4WD','AWD','-') NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT '-',
D_Description CHAR(100)
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE f_fuel
(
F_FuelName ENUM('GASOLINE','DIESEL','ETHANOL','CNG') NOT NULL PRIMARY KEY
DEFAULT 'GASOLINE'
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE v_vehicleclass
(
V_VehicleClassName CHAR(15) NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT '-'
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE st_standard
(
ST_StandardName CHAR(4) NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT '-',
ST_Description CHAR(100)
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE sa_salesarea
(
SA_SalesAreaName ENUM('FA','CA','FC') NOT NULL PRIMARY KEY DEFAULT 'FA',
SA_Description CHAR(50)
)ENGINE = MyISAM;

CREATE TABLE mo_model
(
MO_M_MakerName CHAR(20) NOT NULL,
MO_ModelName CHAR(30) NOT NULL,
MO_Displacement FLOAT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '0',
MO_Cylinders CHAR(2),
MO_T_TransmissionName CHAR(15) NOT NULL DEFAULT '-',
MO_D_DriveName ENUM('2WD','4WD','AWD','-') NOT NULL DEFAULT '-',
MO_F_FuelName ENUM('GASOLINE','DIESEL','ETHANOL','CNG') NOT NULL DEFAULT
'GASOLINE',
MO_SA_SalesAreaName ENUM('FA','CA','FC') NOT NULL DEFAULT 'FA',
```

```
MO_ST_StandardName CHAR(4) NOT NULL DEFAULT '-',
MO_UnderhoodID CHAR(12) NOT NULL DEFAULT '-',
MO_V_VehicleClassName CHAR(15) NOT NULL DEFAULT '-',
MO_AirPollutionScore FLOAT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '0',
MO_CityMPG TINYINT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '0',
MO_HwyMPG TINYINT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '0',
MO_CmbMPG TINYINT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '0',
MO_GreenhouseGasScore FLOAT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '0',
MO_SmartWay ENUM('YES','NO') NOT NULL DEFAULT 'NO',
PRIMARY
KEY(MO_M_MakerName,MO_ModelName,MO_T_TransmissionName,MO_D_DriveName,MO_S
A_SalesAreaName,MO_UnderhoodID),
FOREIGN KEY (MO_M_MakerName) REFERENCES m_maker (M_MakerName),
FOREIGN KEY (MO_T_TransmissionName) REFERENCES t_transmission
(T_TransmissionName),
FOREIGN KEY (MO_D_DriveName) REFERENCES d_drive (D_DriveName),
FOREIGN KEY (MO_SA_SalesAreaName) REFERENCES sa_salesarea
(SA_SalesAreaName),
FOREIGN KEY (MO_ST_StandardName) REFERENCES st_standard
(ST_StandardName),
FOREIGN KEY (MO_V_VehicleClassName) REFERENCES v_vehicleclass
(V_VehicleClassName)
)ENGINE = MyISAM;
```