

EUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº6 | Dezembro de 2010

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

“Mantendo o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com mais uma publicação. Esta já é a sexta publicação da revista “Neutro à Terra”. Os incentivos que temos recebido dão-nos a motivação necessária para continuarmos empenhados em fazer desta revista uma referência nas áreas da Engenharia Electrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição merece particular destaque os assuntos relacionados com as instalações eléctricas, os veículos eléctricos, a domótica, os sistemas de segurança, as fibras ópticas e os mercados de energia eléctrica.”

Doutor Beleza Carvalho



Instalações Eléctricas
Pág.5



Máquinas Eléctricas
Pág. 17



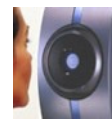
Telecomunicações
Pág. 27



Segurança
Pág. 33



Energias Renováveis
Pág. 45



Domótica
Pág.51



Eficiência Energética
Pág. 60

EDITORIAL

Doutor José António Beleza Carvalho
Instituto Superior de Engenharia do Porto

ARTIGOS TÉCNICOS

- 05| Quedas de Tensão em Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva
António Augusto Araújo Gomes
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 17| Estruturas e Características de Veículos Híbridos e Eléctricos
Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 27| Fibras Ópticas – O Paradigma
Eduardo Sérgio Correia
IEMS – Instalações de Electrónica Manutenção e Serviços, Lda
- 33| Segurança Contra Intrusão - Habitação
António Augusto Araújo Gomes
Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 45| Tipos de Tecnologias de Turbinas utilizadas nas Centrais Mini-Hídricas
Pedro Daniel Soares Gomes
Pedro Gerardo Maia Fernandes
Nelson Ferreira da Silva
Instituto Superior de Engenharia do Porto
- 51| Domótica e a Requalificação de Edifícios
José Luís Faria
Touchdomo, Lda, Porto, Portugal
- 60| Extinção das tarifas reguladas no sector eléctrico
José Marílio Oliveira Cardoso
Instituto Superior de Engenharia do Porto

FICHA TÉCNICA

DIRECTOR:	Doutor José António Beleza Carvalho
SUB-DIRECTORES:	Engº António Augusto Araújo Gomes Engº Roque Filipe Mesquita Brandão Engº Sérgio Filipe Carvalho Ramos
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Eléctricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTACTOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt
PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:	ISSN: 1647-5496

Caros leitores

Mantendo o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com mais uma publicação. Esta já é a sexta publicação da revista “Neutro à Terra”. Os incentivos que temos recebido dão-nos a motivação necessária para continuarmos empenhados em fazer desta revista uma referência nas áreas da Engenharia Electrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição merece particular destaque os assuntos relacionados com as instalações eléctricas, os veículos eléctricos, a domótica, os sistemas de segurança, as fibras ópticas e os mercados de energia eléctrica.

O cálculo das quedas de tensão é fundamental na fase de projecto de instalações eléctricas, por um lado, de modo a garantir que as infra-estruturas definidas cumpram os requisitos regulamentares e, por outro lado, o bom funcionamento e a longevidade dos equipamentos e instalações. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que especifica as metodologias de cálculo a que se deve atender no dimensionamento das quedas de tensão em redes de distribuição de energia eléctrica em baixa-tensão.

Um assunto que actualmente desperta grande interesse tem a ver com os veículos eléctricos. Nas últimas décadas tem-se assistido a um forte desenvolvimento dos veículos eléctricos, sobretudo das soluções híbridas, como resposta aos impactos ambientais e económicos dos combustíveis fósseis. Os desafios que se colocam no campo da engenharia são múltiplos e exigentes, motivados pela necessidade de integrar diversas áreas, tais como, novos materiais e concepções de motores eléctricos, electrónica de potência, sistemas de controlo e sistemas de armazenamento de energia. Nesta revista apresenta-se um artigo com as principais características dos veículos híbridos eléctricos e dos veículos puramente eléctricos.

O crescente aumento da criminalidade, com especial incidência nos crimes contra a propriedade, levou a um forte incremento na procura e instalação de Sistemas Automáticos de Detecção de Intrusão. A instalação de um sistema deste tipo torna-se, assim, fundamental como elemento de garantia do bem-estar e da segurança das pessoas, velando pela sua salvaguarda e pela salvaguarda dos seus bens, fazendo hoje parte dos sistemas aplicados no sector da habitação, serviços, comércio e indústria. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que aborda os aspectos técnicos e conceptuais, ao nível do projecto e da instalação de Sistemas Automáticos de Detecção de Intrusão.

Outro assunto de grande interesse apresentado nesta publicação, tem a ver com a automatização das instalações habitacionais ou domésticas, impondo a necessidade de edifícios “inteligentes”. A domótica tem aqui um papel fundamental. O artigo que é apresentado refere um estudo teórico das tecnologias domóticas mais relevantes, de uma forma transversal e resumida, fazendo uma aproximação da realidade prática a nível de implementação das tecnologias domóticas em edifícios, permitindo um conhecimento abrangente e ao mesmo acessível a todos os interessados.

O sector eléctrico tem vindo a sofrer diversas alterações ao longo da sua existência tendencialmente no sentido do fomento da concorrência. Em Portugal a manifestação mais recente dessa tendência é corporizada na publicação do Decreto-Lei n.º 104/2010 que determina a extinção de tarifas reguladas com excepção dos consumidores domésticos. Esta é uma realidade que impõe aos clientes a procura de um comercializador em mercado liberalizado. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que analisa a situação que se verifica actualmente neste sector em Portugal.

Nesta publicação da revista “Neutro à Terra”, pode-se ainda encontrar outros assuntos reconhecidamente importantes e actuais, como um artigo sobre Fibras Ópticas e um artigo sobre Tipos de Tecnologias de Turbinas utilizadas nas Centrais Mini-Hídricas. Nesta publicação dá-se também destaque a uma conferência organizada pela Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos, subordinada ao tema Novo Regime ITED e ITUR para Engenheiros e Engenheiros Técnicos. Esta acção contou com o apoio do ISEP, através do Departamento de Engenharia Electrotécnica, bem como da Autoridade Nacional de Comunicações. Decorreu em 30 de Setembro no Centro de Congressos do ISEP. No âmbito do tema “Divulgação”, que pretende divulgar os laboratórios do Departamento de Engenharia Electrotécnica, onde são realizados vários dos trabalhos correspondentes a artigos publicados nesta revista, apresenta-se o Laboratório de Máquinas Eléctricas.

Esperando que esta edição da revista “Neutro à Terra” possa novamente satisfazer as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, Dezembro de 2010

José António Beleza Carvalho



NOVO REGIME ITED E ITUR PARA ENGENHEIROS E ENGENHEIROS TÉCNICOS

No dia 30 de Setembro de 2010 teve lugar no Auditório Magno do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto, uma conferência organizada pela ANET – Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos, subordinada ao tema “Novo Regime ITED e ITUR para Engenheiros e Engenheiros Técnicos”. Esta acção contou o apoio do ISEP bem como da ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações.



O programa deste evento contou com a presença de profissionais da área das infra-estruturas de telecomunicações em edifícios, bem com das instalações eléctricas.

A sessão de abertura foi presidida pelo Director do Departamento de Engenharia Electrotécnica do ISEP, Professor Doutor José Beleza Carvalho tendo sido coadjuvado pelo Engº Técº Sequeira Correia, S.R. Norte da ANET, Engº Vitor Brito, Vice Presidente da Ordem dos Engenheiros (OE), Engº Técº Pedro Brás, Vice-Presidente ANET, Engº Helder Leite, O.E S.R. Norte e pelo Engº António Vassalo, Director Fiscalização ANACOM.

Após o término da sessão de abertura deu-se seguimento às diversas apresentações:

- “Enquadramento estratégico e político visando o desenvolvimento das NGN”, Eng.º António Vassalo, Director Fiscalização ANACOM;
- “Regime jurídico ITED e ITUR”, Dr. Nuno Castro Luís, ANACOM;
- “Novo Regime Técnico ITED/ITUR”, Eng. António Vilas Boas, Profigaia;
- “O Ensino de Telecomunicações no ISEP”, Eng.º Sérgio Ramos, ISEP;
- “Regulação da Profissão na Engenharia”, Eng.º Téc.º Pedro Brás, Vice-Presidente ANET;
- “Novo Regime Posição da Ordem Engenheiros”, Eng.º Francisco Sanchez, Presidente do Conselho Nacional do Colégio de Eng.º Electrotécnica da Ordem dos Engenheiros;
- “Qualificações e Formação Obrigatória em ITED e ITUR”, Eng.º Téc.º Nuno Cota, Presidente do Colégio de Eng.º Electrónica e Telecomunicações da Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos;
- “Novo Paradigma para a Formação ITED e ITUR para Engenheiros e Engenheiros Técnicos”, Eng.º Sérgio Queirós, Schumal.

No final das apresentações foram colocadas algumas questões ao painel de debate formado pelo Engº Técº Nuno Cota, Engº Francisco Sanchez, Engº António Vassalo e pelo Engº Sérgio Ramos – ISEP, tendo sido moderador deste painel o Engº António Gomes, ISEP.

A presença de, aproximadamente, quatro centenas de participantes ilustrou sobremaneira o interesse e importância, que as alterações introduzidas na legislação das infra-estruturas de telecomunicações em edifícios e urbanizações despertaram no seio da comunidade da engenharia electrotécnica.

ESTRUTURAS E CARACTERÍSTICAS DE VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉCTRICOS

RESUMO

Nas últimas décadas tem-se assistido a um forte desenvolvimento dos veículos eléctricos, sobretudo das soluções híbridas, como resposta aos impactos ambientais e económicos dos combustíveis fósseis. Os desafios que se colocam no campo da engenharia são múltiplos e exigentes, motivados pela necessidade de integrar diversas áreas, tais como, novos materiais e concepções de motores eléctricos, electrónica de potência, sistemas de controlo e sistemas de armazenamento de energia.

Neste artigo procura-se apresentar as principais características dos veículos híbridos eléctricos (VH) e dos veículos puramente eléctricos (VE).

Começa-se por uma breve referência à origem e evolução destes veículos. Segue-se uma abordagem às diferentes configurações de VH e VE – principalmente no que se refere aos sistemas de propulsão e armazenamento de energia –, realçando as suas vantagens e desvantagens. Por fim, referem-se alguns dos factores mais relevantes para a evolução tecnológica e aceitação destes veículos.

1 INTRODUÇÃO

Os conceitos de veículo eléctrico e híbrido eléctrico remontam às origens do desenvolvimento do próprio automóvel, em finais do séc. XIX. Numa época onde as preocupações ambientais e de eficiência não existiam, a finalidade era incrementar os níveis de desempenho dos motores de combustão interna (MCI) ou melhorar a autonomia dos veículos baseados em motores eléctricos. Com efeito, o desenvolvimento destes motores encontrava-se ainda numa fase inicial, estando a tecnologia associada às máquinas eléctricas num nível superior. É nesta época que se regista a implementação de sistemas de frenagem regenerativa, que permitem recuperar a energia cinética que o veículo perde, em consequência de uma travagem, sendo armazenada nas baterias. Trata-se de uma contribuição fundamental para a eficiência destes veículos e respectiva

autonomia – questão determinante para o desenvolvimento dos veículos eléctricos [1].

A partir da década de 1920, a enorme evolução verificada nos motores a gasolina (principalmente, no aumento da potência disponível e rendimento, com menores dimensões) tornou-os preponderantes face aos motores eléctricos. A maior dificuldade no seu controlo (baseado em contactos mecânicos e resistências, com baixos níveis de eficácia, comprometendo o próprio desempenho do veículo), a reduzida autonomia, peso e custo mais elevados, são os principais motivos que explicam aquela supremacia [1].

As crises energéticas ocorridas na década de 1970 e o aumento das preocupações ambientais (principalmente nas sociedades ocidentais), juntamente com o desenvolvimento da electrónica de potência, que permitiu a criação de sistemas eficazes de controlo de motores eléctricos, despertaram interesse para o desenvolvimento de veículos puramente eléctricos, de que é exemplo a grande quantidade de protótipos construídos na década de 1980.

Na década de 1990 as concepções híbridas foram ganhando interesse, face à tomada de consciência das dificuldades em superar as limitações dos veículos eléctricos, relativamente aos veículos convencionais com MCI. Nesse sentido, vários fabricantes de automóveis desenvolveram diversos protótipos de versões híbridas, não tendo, no entanto, atingido a fase de comercialização.

O maior esforço no desenvolvimento e comercialização de veículos híbridos eléctricos foi feito por fabricantes japoneses: em 1997, a Toyota lançou o modelo Prius e a Honda lançou as versões híbridas dos modelos Insight e Civic. Actualmente, estes e outros modelos híbridos – entretanto lançados por outros fabricantes –, são comercializados em todo o mundo, apresentando bons desempenhos dinâmicos e níveis de consumo [1], [2]. Quanto ao desenvolvimento dos veículos eléctricos, o maior obstáculo à sua comercialização e difusão reside no estado em que se encontra a tecnologia das baterias.

Não obstante os progressos e esforços que têm sido feitos no seu desenvolvimento, o desempenho das baterias mais recentes continua aquém das exigências requeridas pelos veículos eléctricos, principalmente, ao nível da densidade de energia (por unidade de peso e volume) e densidade de potência. Atendendo às distâncias relativamente curtas que caracterizam os trajectos nos centros urbanos, será aqui que reside o maior potencial de aceitação destes veículos.

Nas últimas décadas, vários fabricantes de automóveis têm feito alguns investimentos no desenvolvimento da tecnologia das células de combustível, com vista à aplicação em veículos eléctricos. Os maiores desafios ao seu desenvolvimento e proliferação residem na capacidade de produção, armazenamento e distribuição de hidrogénio. A evolução desta tecnologia tem ainda um longo caminho a percorrer, sendo também incerta a opção futura por esta solução.

2 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS VH E VE

As alternativas aos veículos convencionais, baseados em MCI, podem ser classificadas do seguinte modo:

Veículos híbridos (VH) – Em termos gerais, um veículo híbrido é caracterizado por incluir dois ou mais sistemas de propulsão. Os mais usuais são os veículos híbridos eléctricos – combinação de dois sistemas de propulsão: um baseado no MCI, o segundo assente em um ou vários motores eléctricos (ME). Existem várias configurações possíveis para estes veículos: série, paralelo e série-paralelo (esta última com duas variantes);

Veículos eléctricos (VE) – apenas incluem motores eléctricos. Em termos de fontes de energia empregues há a distinguir as baterias das células de combustível.

2.1 VEÍCULOS HÍBRIDOS

A concepção de base dos veículos híbridos assenta na conjugação das vantagens dos veículos convencionais (MCI) e dos veículos eléctricos: elevada autonomia e densidades de energia e potência (MCI); elevados rendimentos e emissões nulas a nível local (VE).

Por outro lado, procura-se superar também as limitações de ambos: no caso dos MCI, utilização de grandes quantidades de combustíveis fósseis e emissão de gases de efeito de estufa; para os VE há a referir as autonomias reduzidas, elevados tempos de carregamento do sistema de armazenamento de energia e maior custo inicial [2], [3].

Na utilização de motores eléctricos nos VH há dois objectivos bem vinculados: o primeiro é a optimização do rendimento do MCI; a recuperação da energia cinética na frenagem do veículo (armazenada nas baterias) é o segundo objectivo. Este apenas é possível pela presença do(s) motor(es) eléctrico(s).

Existem vários modos de funcionamento possíveis, associados às características dos próprios motores [1]:

- O MCI propulsiona integralmente o veículo. Esta situação pode ocorrer quando as baterias estão praticamente descarregadas e a potência disponível no veio do MCI é integralmente necessária para a tracção; estando as baterias à plena carga, um cenário semelhante ocorre no caso da potência de tracção exigida corresponder a um regime de funcionamento óptimo do MCI;
- Propulsão puramente eléctrica (MCI desligado). Justifica-se para os regimes de funcionamento do MCI com baixos rendimento (ex., nas baixas velocidades) ou em ambientes com limitações de emissões elevadas;
- Propulsão híbrida (MCI+ME), se no esforço de tracção são exigidas elevadas potências (por ex., em subidas e elevadas acelerações);
- Frenagem regenerativa, na qual a energia cinética do veículo é recuperada – o motor funciona agora como gerador – e armazenada nas baterias, podendo ser posteriormente utilizada na tracção do veículo;
- O MCI efectua o carregamento das baterias, havendo diferentes cenários a considerar: veículo imobilizado ou numa descida sem modos de tracção e frenagem nos sistemas de propulsão;
- O MCI e o(s) ME(s) – em modo regenerativo –, carregam simultaneamente as baterias do veículo;
- O MCI propulsiona o veículo, bem como efectua o carregamento das baterias;
- O MCI carrega as baterias e estas alimentam o(s) ME(s);

O elevado número de modos de funcionamento nos veículos híbridos, tornam-os muito flexíveis; no entanto, acresce a complexidade do sistema de propulsão, o que implica a necessidade de sistemas complexos de controlo, bem como o desenvolvimento de sistemas de gestão dos fluxos de energia, capazes de optimizarem a eficiência dos modos de funcionamento anteriores.

Em seguida, descrevem-se as três configurações mencionadas para os VH, as quais se distinguem pelo modo como o MCI é inserido no sistema de propulsão eléctrica.

Configuração Série – O MCI apenas acciona um gerador que alimenta o ME de tracção do veículo; o gerador também efectua o carregamento das baterias. Em termos de concepção, trata-se de um VE assistido por um MCI [2] – Figura 1.

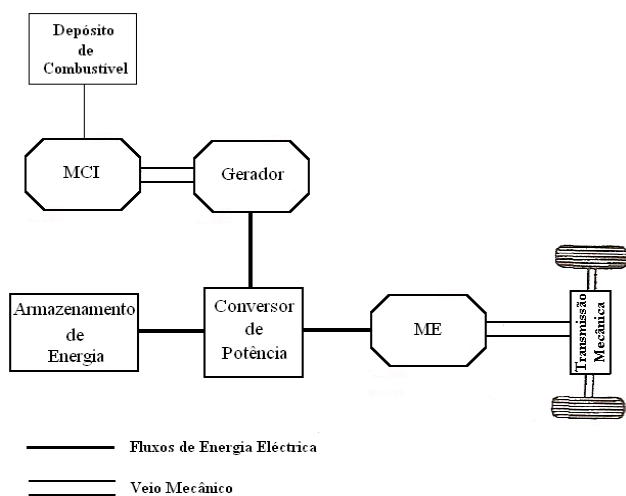


Figura 1 – VH: Configuração Série

Em princípio, podem ser considerados os seguintes modos de funcionamento [1], [2]:

- Energia de propulsão – baterias: o MCI é desligado, a energia de propulsão provém unicamente das baterias;
- Energia de propulsão – MCI: a energia de propulsão é somente garantida pelo sistema MCI/gerador; não há qualquer fluxo de energia nas baterias;
- Energia de propulsão – modo híbrido: a potência de tracção é garantida pelo MCI e pelas baterias;

- Energia de propulsão/Carregamento das baterias: o sistema MCI/gerador fornece a energia para propulsionar o veículo e carrega as baterias;
- Frenagem regenerativa: o MCI é desligado; o ME funciona como gerador, efectuando o carregamento das baterias;
- Carregamento das baterias: o(s) ME(s) não são alimentados; o sistema MCI/gerador somente carrega as baterias;
- Carregamento híbrido das baterias: o sistema MCI/gerador e o(s) ME(s) – funcionando como gerador(es) – efectuem o carregamento das baterias.

Não existindo ligação mecânica entre o MCI e o sistema de transmissão de potência, os seus regimes de funcionamento tornam-se mais flexíveis, permitindo optimizar o funcionamento do MCI (referido anteriormente). No entanto, a existência de três máquinas (MCI, gerador e ME) tornam o sistema de propulsão do veículo mais complexo, normalmente mais pesado e com menores rendimentos em relação às outras configurações.

Configuração Paralela – Existe a possibilidade do MCI e do ME fornecerem potência, em paralelo, às rodas de tracção do veículo. Conceptualmente, trata-se de um veículo convencional (MCI) com assistência eléctrica (MEs) [2]. Desta forma, ambos os motores estão acoplados ao veio de transmissão através de duas embraiagens independentes, pelo que a propulsão pode ser efectuada pelo MCI, pelo ME ou por ambos (Figura 2).

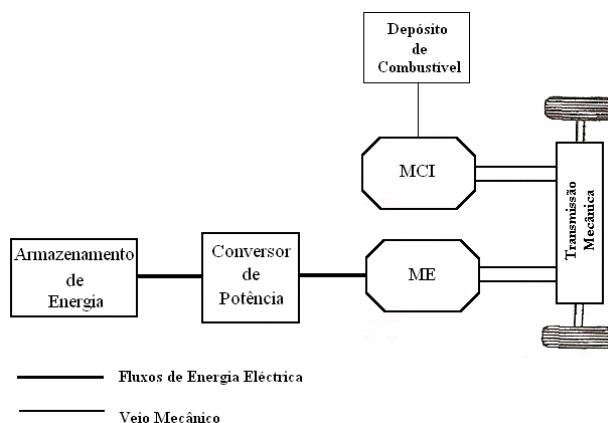


Figura 2 – VH: Configuração Paralela

Também aqui a optimização do funcionamento do MCI é conseguida. O motor eléctrico pode funcionar como gerador para carregar as baterias, havendo duas possibilidades:

- Frenagem regenerativa;
- No caso da potência mecânica disponível no veio do MCI ser superior ao necessário para o esforço de tracção, o excedente é fornecido ao gerador.

Os modos de funcionamento possíveis são os seguintes:

- Propulsão ME: o MCI é desligado; o veículo é propulsionado apenas pelo ME;
- Propulsão MCI: o contrário do anterior, o veículo é propulsionado apenas pelo MCI;
- Propulsão Híbrida: ambos os motores (MCI e ME) contribuem para a propulsão do veículo;
- Propulsão MCI dividida: uma parte da potência no veio do MCI é usada na propulsão; a outra parte carrega as baterias, o que implica ter o ME a funcionar como gerador;
- Frenagem simples (apenas regenerativa): o MCI é desligado; o ME funciona como gerador, efectuando o carregamento das baterias;
- Frenagem regenerativa e mecânica: ME funciona como gerador; MCI funciona como freio mecânico.

Na configuração paralela há apenas duas máquinas (MCI e ME).

Para desempenhos semelhantes é também de referir o uso de MCI e ME de menores potências, relativamente à configuração série.

Configuração Série-Paralela – Esta estrutura integra as características das duas anteriores, procurando assimilar as vantagens de ambas. A figura 3 apresenta esta configuração.

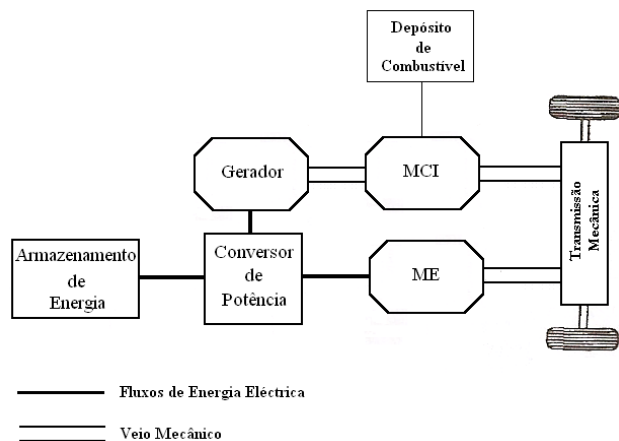


Figura 3 – VH: Configuração Série-Paralela

Em comparação com a estrutura série, há mais uma ligação mecânica ao veio de transmissão; relativamente à estrutura paralela, existe mais uma máquina eléctrica. O acoplamento mecânico das três máquinas pode ser efectuado através da inclusão de um sistema de engrenagens planetário [1], [4].

A figura 4 ilustra a sua estrutura.

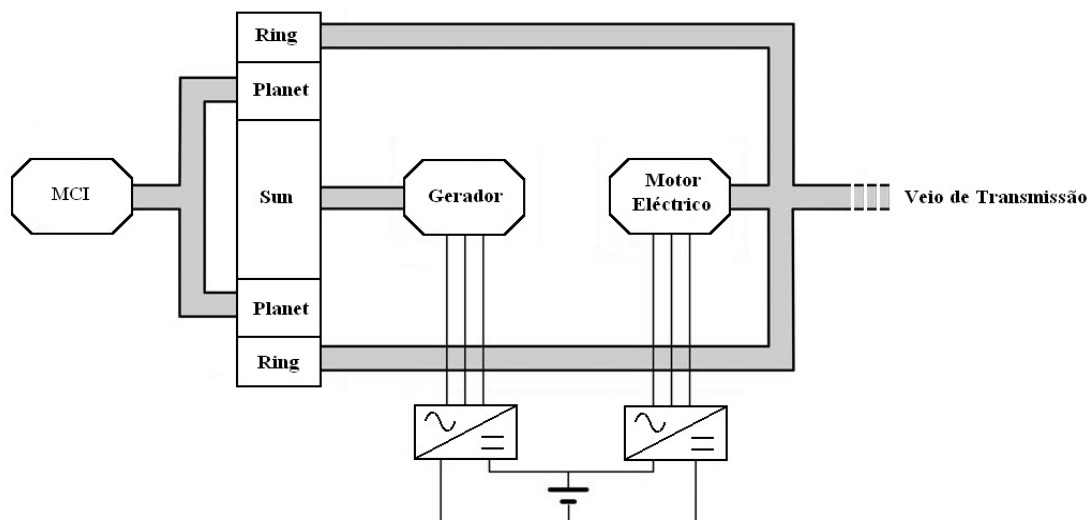


Figura 4 – Sistema de Engrenagens Planetário

Este sistema tem a vantagem de permitir o funcionamento do MCI num regime de velocidade constante (permitindo a sua optimização): a variação da velocidade no veio de transmissão do veículo é conseguida através da regulação da potência debitada pelo gerador.

Trata-se, pois, de um sistema de transmissão variável de potência em modo contínuo, mais concretamente, um sistema electrónico de transmissão variável.

Comparativamente aos sistemas puramente mecânicos de transmissão contínua, este sistema electrónico é mais simples, fiável e com melhores rendimentos, uma vez que não existem embraiagens, conversores de binário e caixa de engrenagens.

Com vista ao aumento do rendimento, fiabilidade e robustez, novas concepções de sistemas electrónicos de transmissão foram desenvolvidas, as quais assentam na eliminação do sistema de engrenagens planetário. Nesse sentido refere-se:

- Combinação de duas máquinas eléctricas concêntricas [3];
- Uma única máquina com dois rotores [4], [5].

Configuração Série-Paralela “Complexa” - A configuração representada na figura 5 apresenta semelhanças com a estrutura série-paralela (1 MCI e 2 ME).

Há, no entanto, uma diferença importante na máquina eléctrica ligada mecanicamente ao MCI: a possibilidade de fluxo de energia bidireccional, ou seja, o funcionamento como motor ou gerador.

O potencial e versatilidade desta estrutura são superiores à configuração série-paralela, pois acrescenta um modo de funcionamento com três motores, o qual não existe naquela configuração.

Naturalmente, também o nível de complexidade do(s) sistema(s) de propulsão é grande, o que torna o seu custo mais elevado, juntamente com maiores exigências ao nível do controlo do veículo, bem como do sistema de gestão de energia. Não obstante, é de referir a opção por esta configuração em algumas das séries mais recentes de VH [1], [2].

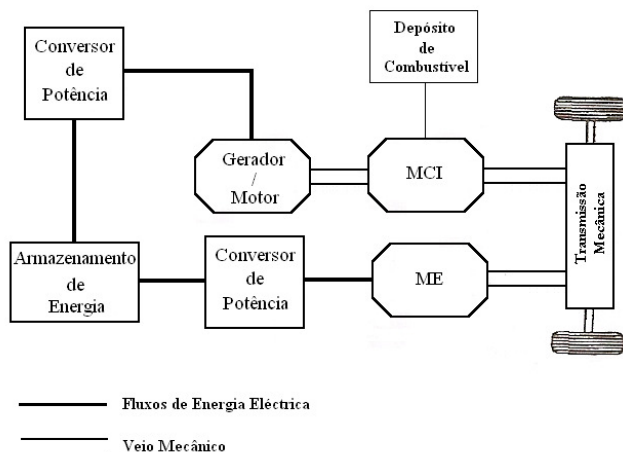


Figura 5 – VH: Configuração Série-Paralela “Complexa”

2.2 Veículos Eléctricos

Na figura 6 está representada a estrutura básica deste tipo de veículo [1].

Existem três componentes fundamentais:

- Sistema de propulsão eléctrica;
- Sistema de alimentação/armazenamento de energia;
- Sistema auxiliar.

O sistema de propulsão eléctrica é composto pelos seguintes elementos:

- controlador do veículo
- conversor estático de potência de tracção
- motor eléctrico
- transmissão mecânica
- rodas de tracção.

O sistema de fornecimento/armazenamento de energia inclui os seguintes elementos:

- fonte de energia e/ou sistema de armazenamento de energia
- sistema de gestão de energia
- unidade de reabastecimento.

O sistema auxiliar inclui múltiplas unidades, tais como: a direcção assistida, climatização, etc.

Trata-se de um sistema comum a qualquer tipo de veículo, seja convencional, híbrido ou eléctrico.

Os sinais emitidos pelos pedais do acelerador e travão (accionados pelo condutor do veículo) são recebidos pelo controlador do veículo, o qual actua no sistema de controlo do conversor de tracção de modo a regular os fluxos de energia entre o motor eléctrico e o sistema de armazenamento de energia. A actuação do controlador do veículo é também função dos sinais recebidos pelo sistema de gestão de energia. São várias as funções deste sistema, sendo de referir o controlo do modo de frenagem regenerativa e respectivo armazenamento de energia, a regulação das operações de reabastecimento e a monitorização dos estados do sistema de armazenamento de energia.

Tal como nos VH, o sistema de gestão de energia é fundamental neste tipo de veículos.

O sistema auxiliar fornece a energia necessária às unidades já referidas (tipicamente com vários níveis de tensão).

Como referido, a estrutura apresentada na figura 6 é elementar.

Existem várias configurações possíveis para o sistema de propulsão dos VE, atendendo à grande flexibilidade de funcionamento dos motores eléctricos. Na figura seguinte são apresentados alguns exemplos, que se julgam ser representativos dessa variedade de configurações [1]. Actualmente, este é um assunto que continua a merecer a atenção de fabricantes e investigadores.

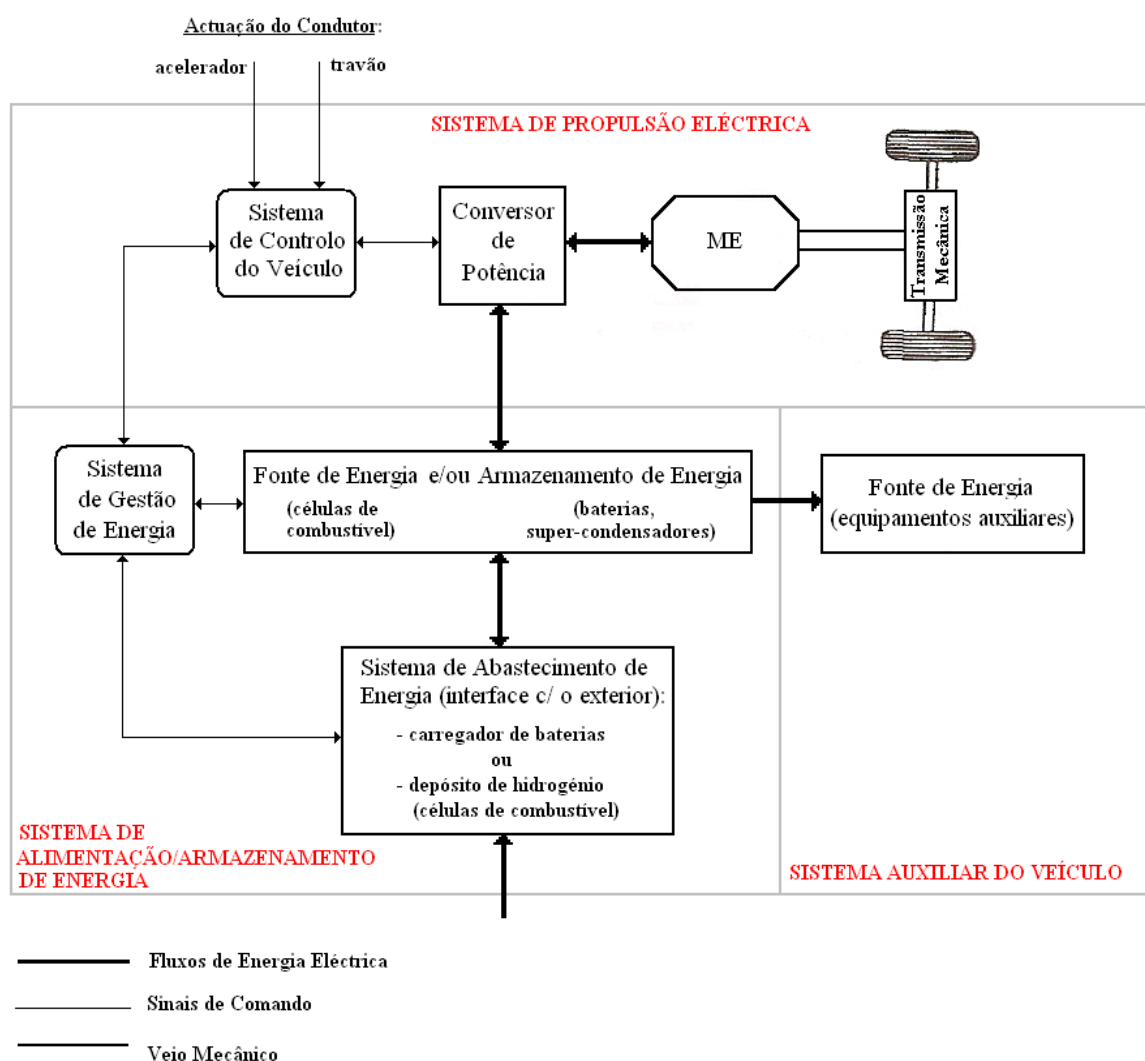


Figura 6 – Configuração Básica de um VE

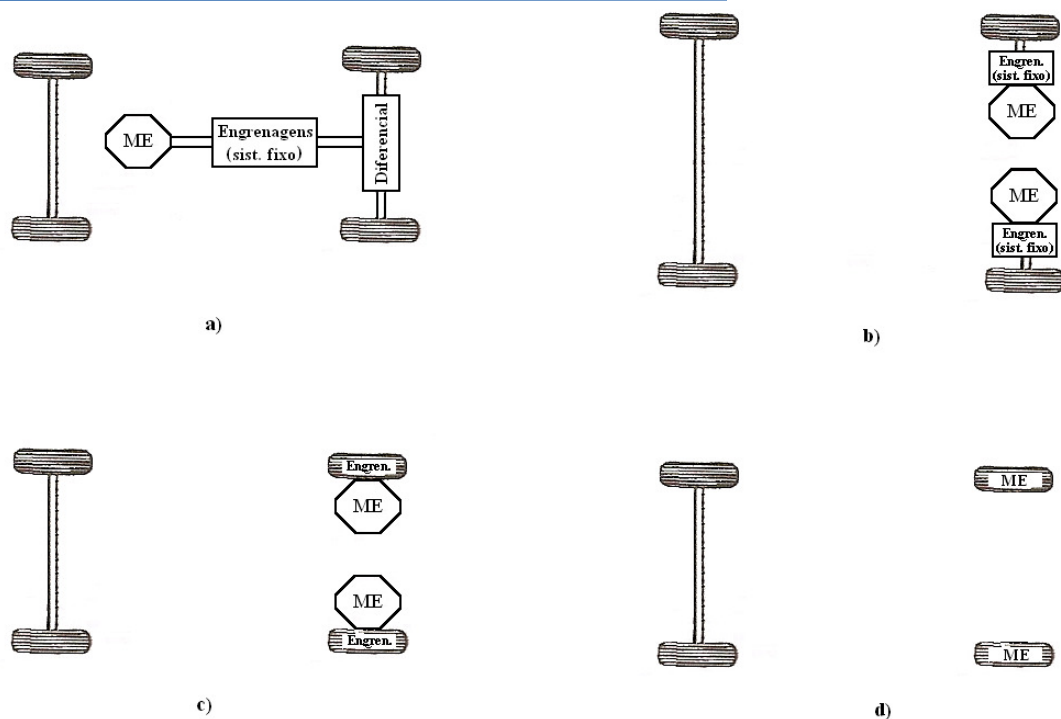


Figura 7 – Sistemas de Propulsão para VE

- Atendendo às zonas possíveis de funcionamento dos motores eléctricos – binário constante (baixas velocidades); potência constante (gama ampla de velocidades) – o sistema habitual de engrenagens com múltiplas relações (várias velocidades) pode ser substituído por um sistema com uma relação fixa. Deste modo, a embraiagem é eliminada, reduzindo o peso e tamanho do sistema de transmissão mecânica; o controlo do sistema de propulsão torna-se mais simples.
- Nesta configuração, o diferencial mecânico é substituído por dois motores eléctricos. Naturalmente, são os respectivos sistemas de controlo que garantem velocidades distintas em trajectos curvilíneos.
- Com vista a tornar mais simples o sistema de propulsão, os motores eléctricos são fixados à própria roda de tracção, através de engrenagens (sistema in-wheel). Esta concepção coloca desafios vários ao motor (dimensões, peso, robustez, fiabilidade, ...).
- Relativamente à concepção anterior, é eliminado o sistema de engrenagens: os rotores dos motores são montados directamente nas rodas de tracção, pelo que o controlo da velocidade do veículo corresponde ao controlo directo da velocidade dos motores.

As exigências colocadas a estes motores são várias, nomeadamente, a capacidade de desenvolver elevados binários no arranque. De referir que uma abordagem às tendências actuais dos tipos de motores eléctricos aplicados em VE foi apresentada num artigo anterior.

Neste tipo de veículos, as emissões locais associadas são nulas. Naturalmente, esta afirmação não considera as fontes de energia utilizadas no carregamento das baterias. Com efeito, as emissões globais podem ser consideráveis, dependendo da proveniência da energia armazenada nas baterias.

No momento actual, as principais desvantagens destes veículos residem no elevado peso e custo inicial das baterias, autonomias limitadas, tempos longos de carregamento e densidades de potência reduzidas. Não obstante, nos últimos anos têm sido empreendidos elevados esforços, no meio académico e industrial, com vista ao desenvolvimento de novos tipos de baterias [6], bem como de estruturas híbridas de armazenamento de energia – baterias, super-condensadores e flywheels (esta última em menor grau).

Como foi referido, actualmente há a considerar duas variantes de VE, associadas ao tipo de alimentação do veículo. As principais características de ambas são apresentadas a seguir.

2.2.1 Tipos de Baterias

Actualmente, as baterias mais usadas nos VE (e também nos VH) são as de chumbo/ácido (PB) convencionais, de hidratos metálicos de níquel (NiMH) e de iões de lítio (Li Ion). Particularmente nestas últimas, têm sido obtidos aumentos consideráveis nos valores da densidade de energia (de momento apresentam valores muito superiores aos restantes tipos de baterias). Há uma clara tendência para a sua integração com super-condensadores, aproveitando os elevados valores de densidade de potência destes últimos [3], [7]. Tais sistemas híbridos de armazenamento de energia são mais complexos, necessitando da inclusão de conversores estáticos de potência e de sistemas de gestão de energia específicos. De acordo com [8] há diversas vantagens a considerar nestes sistemas, sendo de realçar o desacoplamento do controlo dos requisitos de energia e potência (esta última é essencial nas frenagens); também a eficiência na gestão de energia do sistema de armazenamento vem melhorada.

Existem diversos factores que condicionam os desempenhos das baterias, dos quais se enumeram alguns dos mais relevantes:

- Nível de carga – State of Charge (SOC);
- Capacidade de armazenamento;
- Tensões e correntes;
- Frequência das cargas e descargas;
- Temperatura de funcionamento;
- Idade da bateria.

As baterias usadas nos veículos de tracção estão sujeitas a ambientes e condições de funcionamento muito agressivos (amplas variações de temperatura, ciclos de carga exigentes, choques e vibrações mecânicas). Estes aspectos podem contribuir para um envelhecimento precoce, traduzido pela

diminuição da sua capacidade de armazenamento e aumento da resistência interna. [9]

O sistema de gestão das baterias (Battery Management System) é fundamental, não apenas na monitorização do estado das baterias e sua protecção, mas também para permitir as operações de carga e descarga, em coordenação com o sistema de gestão de energia. O modo de funcionamento em frenagem regenerativa é dos mais críticos a considerar, uma vez que as correntes envolvidas e respectivos gradientes podem destruir as baterias. Em particular, as baterias de lítio exigem condições de funcionamento muito bem controladas, sob pena de se danificarem. Com efeito, são muito sensíveis a sobretensões, sobrecorrentes e à temperatura de funcionamento.

2.2.2 Células de Combustível

São dispositivos geradores de energia eléctrica, resultante de reacções electroquímicas baseadas em hidrogénio (combustível não poluente, com elevada densidade de energia). Sublinha-se o facto de se tratar de geradores de energia, enquanto as baterias são armazenadores de energia. Uma característica importante a referir é que o produto das reacções é apenas vapor de água. As principais vantagens residem na elevada eficiência energética das reacções electroquímicas, emissões locais nulas e tempos curtos de abastecimento (depósito de hidrogénio). [2], [3]

A energia eléctrica produzida nas células de combustível é usada na propulsão do veículo ou no carregamento das baterias e super-condensadores para uso futuro.

3 Alimentação Externa de Energia Eléctrica (Plug-in)

Estes veículos podem ser ligados a um sistema de carregamento exterior das baterias.

Os veículos híbridos Plug-in têm sistemas de propulsão semelhantes aos híbridos convencionais. Para distâncias curtas, o veículo funciona em modo puramente eléctrico, com as baterias a fornecer a energia necessária à propulsão.

Nas distâncias longas, quando a carga das baterias é inferior a um valor especificado, o veículo passa a funcionar no modo híbrido. Deste modo, conseguem-se funcionamentos que se aproximam mais dos veículos puramente eléctricos [10].

É de referir que as baterias usadas nos VH Plug-in têm de ter características semelhantes às exigidas para os VE. De modo geral, os VE são sempre do tipo Plug-in.

Os veículos Plug-in poderão também interagir com a rede pública de energia, podendo contribuir para uniformizar o diagrama de cargas: durante o período nocturno (menor procura de energia) efectua-se o carregamento; nas horas diurnas (maior procura de energia), havendo excedente de energia armazenada nos veículos, este pode ser injectado na rede [10], [11].

A Tabela 1 apresenta uma síntese das características dos tipos de veículos considerados.

4 Conclusões

Os custos e limitações das reservas de combustíveis fósseis e os impactos ambientais decorrentes da sua utilização intensa, conduziram a um aumento no interesse e desenvolvimento dos veículos eléctricos e híbridos, não apenas por parte da comunidade científica mas também ao nível dos governos e opiniões públicas mundiais.

Até ao momento, os veículos híbridos têm conhecido um maior grau de desenvolvimento, que se reflecte na variedade de modelos comercialmente disponibilizados pelos principais fabricantes e automóveis. Os principais desafios que continuam a ser enfrentados estão no controlo e optimização das diferentes fontes de energia (o que implica desenvolver sistemas de gestão de energia eficazes, com capacidade de actuação em tempo real) e no custo final do veículo.

Tabela 1 – Características de VH e VE [2]

	VH	VE (baterias)	VE (cél. de combust.)
Sistema de Propulsão	- Motores eléctricos - MCI	- Motores eléctricos	- Motores eléctricos
Sistema de Armazenamento de Energia	- Baterias - Super-condensadores - Combustíveis fósseis ou alternativos	- Baterias - Super-condensadores	- Depósito de H2 - Baterias - Super-condensadores
Fontes de Energia e Infra-estruturas	- Estações de gasolina - Pontos de carregamento de energia ("Plug-in" híbrido)	- Pontos de carregamento de energia ("Plug-in")	- H2 - Produção de H2; infra-estruturas de transporte
Características	- Emissões locais baixas - Elevada economia de combustível - Dependente de combustíveis fósseis - Autonomia longa - Disponível	- Emissões locais nulas - Rendimentos elevados - Não depende directam. de combustíveis fósseis - Autonomia limitada - Disponível	- Emissões locais nulas - Rendimentos elevados - Não depende directamente de combustíveis fósseis - Em desenvolvimento
Principais Desvantagens	- Desempenhos das baterias - Controlo e optimização de consumos; gestão de várias fontes de energia - Custo superior ao dos veículos convencionais (MCI)	- Desempenhos e tempos de vida útil das baterias - Disponibilidade de pontos de carregamento de energia - Elevado custo inicial	- Custo elevado das células de combustível, ciclos de vida curtos, fiabilidade - Produção de H2; criação de infra-estruturas de transporte - Custo elevado do veículo

Nos últimos anos, os veículos eléctricos têm vindo a conhecer um maior desenvolvimento dos seus subsistemas, sendo de destacar: novas concepções de máquinas eléctricas e conversores de potência, estruturas híbridas nos sistemas de armazenamento de energia (baterias integradas com super-condensadores e respectivos conversores de potência). O grande obstáculo continua a residir nas características das baterias disponíveis (densidades de energia, ciclos de carga/descarga, custos). Também aqui o desenvolvimento de sistemas de gestão de energia em tempo real será um factor determinante no sucesso destes veículos.

A opção pelas células de combustível é ainda uma incógnita grande: não só a sua tecnologia se encontra numa fase muito inicial, como também esta via implicará a disseminação em larga escala de infra-estruturas para a produção, distribuição e armazenamento de hidrogénio.

A necessidade de integração de múltiplos domínios científicos e tecnológicos, tais como, indústria automóvel, máquinas eléctricas e respectivo controlo, electrónica de potência e sistemas de armazenamento de energia, com desempenhos semelhantes aos dos veículos convencionais (MCI), coloca elevados níveis de exigência à concepção dos VH e VE. Como tal, a modelização e simulação destes sistemas assume um papel determinante no seu desenvolvimento, uma vez que permite a concepção e teste de novas estruturas e sistemas de controlo, sem grandes exigências em termos materiais e de tempo. Também no campo do diagnóstico de avarias é de salientar a mais-valia conseguida com ferramentas de modelização e simulação.

Por último, o futuro dos VH e VE passará seguramente pela integração das opiniões públicas mundiais e respectivos governos com os interesses de múltiplos sectores, tais como, indústria automóvel, transportes, comunidade académica e empresas do ramo energético.

Bibliografia

- [1] Ehsani, Mehrdad, Gao,Yimin, E. Gay, Sebastien, Emadi, Ali (2005). "Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles – Fundamentals, Theory and Design", CRC Press.
- [2] Chan, C.C. (2007). "The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles", Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 4, pp. 704-718.
- [3] Chan, C.C. et al. (2010). "Electric, Hybrid and Fuel- Cell Vehicles: Architectures and Modeling", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.59, No2, pp. 589-598.
- [4] K. T. Chau and C. C. Chan (2007). "Emerging energy-efficient technologies for Hybrid Electric Vehicle", Proc. IEEE, vol. 95, no. 4, pp. 821–835.
- [5] Hoeijmakers, Martin J., Ferreira, Jan A. (2006). "The Electric Variable Transmission", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.42, No4, pp. 1092-1100.
- [6] Affanni, Antonio et al. (2005). "Battery Choice and Management for New-Generation Electric Vehicles", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.52, No5, pp. 1343-1349.
- [7] Sun, Liqing et al. (2008). "State of Art of Energy System for New Energy Vehicles", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), September 3-5, China.
- [8] Miller, John M., Startorelli, Gianni (2010). "Battery and Ultracapacitor Combinations – Where Should the Converter Go?", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), September 1-3, France.
- [9] <http://www.mpoweruk.com>
- [10] Amjad, Shaik al. (2010). "Review of Design Considerations and Technological Challenges for Successful Development and Deployment of Plug-in Hybrid Electric Vehicles", Renewable and Sustainable Energy Reviews, No14, pp. 1104-1110, Elsevier.
- [11] Somayajula, Deepak et al. (2009). "Designing Efficient Hybrid Electric Vehicles", IEEE Vehicular Technology Magazine, Vol.4, no.2, pp. 65-72.



COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



António Augusto Araújo Gomes

(aag@isep.ipp.pt)

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Doutorando na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia (UTAD).
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999.
Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999.
Prestação, para diversas empresas, de serviços de projecto de instalações eléctricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.
Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 1999.



Eduardo Sérgio Correia

(SCorreia@iems.pt)

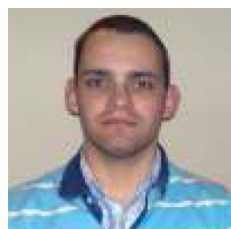
Engº Técnico Electrotécnico – Sistemas de Energia (ISEP 1995), inscrito na ANET (1555).
Director de Operações da Delegação Norte da IEMS – Instalações de Electrónica Manutenção e Serviços, Lda desde 2000.
Nota curricular da empresa:
Fundada em 1993, a IEMS, começou a operar como uma empresa fornecedora de acessórios para sistemas de cablagem e prestadora de serviços associados. A IEMS tem acompanhado o rápido desenvolvimento da indústria das tecnologias de informação, evoluindo ao longo dos anos, para a comercialização de produtos nas áreas de cablagem estruturada, de telecomunicações, equipamentos activos de rede, tendo-se especializado em adaptar soluções de fabricantes mundiais, líderes no mercado, às realidades e exigências nacionais. Neste âmbito, tem uma vasta experiência em instalação e manuseamento das Redes de Fibra Óptica, estando sempre na vanguarda com os produtos mais avançados disponíveis no mercado.



Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

(hjs@isep.ipp.pt)

Licenciado em Engenharia Electrotécnica, em 1979, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, opção de Produção, Transporte e Distribuição de Energia.
Diploma de Estudos Avançados em Informática e Electrónica Industrial pela Universidade do Minho. Mestre em Ciências na área da Electrónica Industrial.
Professor Adjunto Equiparado do ISEP, leccionando na área da Teoria da Electricidade e Instalações Eléctricas.



José Luís Almeida Marques de Faria

(jlamfaria@gmail.com)

Mestre em Engenharia Electrónica e de Computadores, na área de Sistemas e Planeamento Industrial (Plano de estudos Bolonha - 120ECTS), Instituto Superior de Engenharia do Porto).
Director técnico na empresa Touchdomo.
Fornece serviços à Industria Azevedos, com a função de integrador KNX e EnOcean.
Formador na área da domótica e engenharia electrónica/eléctrica.
Funcionário da empresa Intelbus, Soluções para edifícios, Lda, com a função de integrador KNX e LonWorks, desde Agosto de 2008 até Junho de 2010.

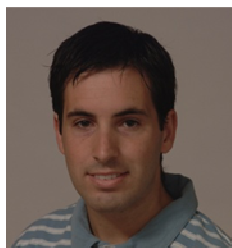


José Marílio Oliveira Cardoso

(joc@isep.ipp.pt)

Licenciado em Engenharia Electrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Doutorando da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia.
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2003 e investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão).
Docente no ensino secundário, na área da electrotecnia entre 2001 e 2004.
Formador no Curso de Especialização Pós-Graduada em Eficiência Energética e Utilização Racional de Energia Eléctrica, do ISEP. Formador na Pós-Graduação em Gestão de Energia – Eficiência Energética, no Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), Taguspark, Oeiras e em Grijó, V.N. Gaia.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Nelson Ferreira da Silva

(1071169@isep.ipp.pt)

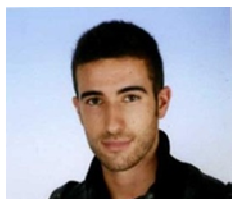
Licenciado em Engenharia Electrotécnica de Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP.
Encontra-se a frequentar o Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP.



Pedro Daniel Soares Gomes

(1071106@isep.ipp.pt)

A frequentar o 1º ano do Mestrado em Engenharia Electrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia, no Instituto Superior de Engenharia do Porto (2010/2011)
Licenciado em Engenharia Electrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (2007/2008 - 2009/2010)



Pedro Gerardo Maia Fernandes

(1070172@isep.ipp.pt)

Licenciado em Engenharia Eléctrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Encontra-se a frequentar o curso Mestrado em Engenharia Electrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia.



Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo

(pma@isep.ipp.pt)

Mestre em Automação, Instrumentação e Controlo pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Aluno do Programa Doutoral em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.
Desenvolveu actividade de projectista de instalações eléctricas de BT na DHV-TECNOPOR.

