



Departamento da Feec produz tecnologia de ponta na área da eletrônica de precisão e da instrumentação eletrônica embarcada

O professor José Antonio Siqueira Dias, do Departamento de Eletrônica e Microeletrônica: mais de 20 anos de trabalhos integrados na área de eletrônica, instrumentação e microeletrônica

Fotos: Antonio Scarpiniti/Divulgação



O SuperMini com tração elétrica: carro adaptado por Luciano de Moraes circula há dois anos em Campinas

Foto: Antoninho Porti



Paulo Soares (à direita), autor de tese sobre sensores para monitoramento das frota de transporte rodoviário, observa a moto elétrica: economia

Do foguete ao carro elétrico

Um sensor que indica a temperatura do solo e a quantidade ideal de água para irrigar a planta sem desperdício; um dispositivo que afere a qualidade da energia elétrica transmitida pela rede; um computador de bordo que monitora o desempenho dos caminhões (e dos motoristas) da frota; um equipamento que mede e ajuda a aprimorar o desempenho de motocicletas elétricas; um carro elétrico que roda silenciosamente pelas ruas de Campinas; e um sistema de alta precisão para traduzir os dados do giroscópio – aparelho que fornece dados fundamentais para a navegação e controla a altitude e a inclinação de foguetes lançados da base de Alcântara.

Numeramos acima apenas alguns frutos das pesquisas envolvendo a eletrônica de precisão e a instrumentação eletrônica embarcada, que estão entre as principais atividades do Departamento de Eletrônica e Microeletrônica (Demic) da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (Feec) da Unicamp. “É neste departamento que se faz a eletrônica de ponta do país”, afirma o professor José Antonio Siqueira Dias, sem o menor tom de presunção.

A intenção de Siqueira é enaltecer o excelente ambiente de cooperação criado dentro do Demic, entre docentes como ele, Elnatan Chagas Ferreira e Oséias Valente de Avilez Filho. São mais de 20 anos de trabalhos integrados na área de eletrônica, instrumentação e microeletrônica, com a formação de centenas de mestres e doutores. “No momento, estamos orientando cerca de 40 pós-graduandos”.

Este conhecimento acumulado levou à escolha do Demic para desenvolver a eletrônica do giroscópio a fibra óptica do Instituto de Estudos Avançados (IEAv), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA). “É uma linha de pesquisa iniciada pelo professor Enaltan Ferreira, com sua tese de livre-docência. O giroscópio está em todo avião de porte razoável, foguetes e mísseis. Como as versões mecânicas não oferecem a precisão necessária absoluta, o que é crucial para um foguete, passou-se a usar o giroscópio a fibra óptica”.

Segundo José Siqueira, trata-se de um sistema bastante complexo. O giroscópio traz duas fibras ópticas alinhadas, sendo que o sinal de rotação é obtido por um efeito do laser dentro das fibras – um fenômeno descrito há tempos, mas de aplicabilidade bem recente. “Nosso sistema conseguiu detectar mudanças de rotação tão pequenas que o sistema de medidas para caracterização de giroscópios existente no IEAV tornou-se obsoleto, não consegue mais esses ‘microtrancos’”. São sinais que fornecem informações altamente precisas e absolutamente necessárias para o foguete voar com segurança”.

O professor da Feec observa que estas pesquisas são particularmente importantes para um país que pretende produzir foguetes – ou os chamados veículos lançadores de satélites (VLS). “O Brasil já domina a tecnologia dos satélites, mas ainda não tem como colocá-los em órbita. O gasto para enviar um satélite ao espaço hoje está na ordem de 30 mil dólares por quilo. Se gastarmos um milhão de dólares para construir um pequeno satélite de 65 kg, pagamos outros dois milhões para alugar um foguete da Ariane [fábrica da Agência Espacial Europeia]”.

Na opinião de Siqueira, as condições privilegiadas do Centro de Lançamento de Alcântara (MA) – segurança, clima, estabilidade geológica, baixa densidade populacional e facilidade de suporte logístico – asseguram ao Brasil uma boa chance de competir neste mercado multibilionário de foguetes. “Estamos numa época em que muitos países querem lançar seus satélites. Para atendê-los, devemos dotar os lançadores brasileiros de uma eletrônica infalível. Seria inadmissível desperdiçar um foguete e perder também o

satélite do país contratante”.

O prosseguimento das pesquisas com o giroscópio levou a um sistema que previne contra outro risco ao foguete, que depois de lançado, passa por estágios de aquecimento e esfriamento que podem induzir erros de rota e de posicionamento. Em tese de mestrado, o aluno Rodrigo Watanabe, orientado por Elnatan Ferreira, adaptou a uma placa do giroscópio um sensor que mede a temperatura e promove autocorrekções.

Rede elétrica

O professor Siqueira Dias informa que do giroscópio surgem outras vertentes de pesquisa com sinais de fibras ópticas. Em convênio com o CpqD e a Bandeirante Energia, o Demic está desenvolvendo sensores de alta tensão para medir a qualidade da energia elétrica fornecida aos consumidores. “A rede de transmissão brasileira traz tanta sujeira (ruídos) que ações para medir a qualidade de energia estão sendo demandadas com urgência pelas concessionárias de energia. Medidores eletrônicos, mesmo os mais sofisticados, não funcionam em nossa rede”.

Sensores a fibra óptica instalados em pontos estratégicos possibilitariam monitorar os milhares de quilômetros de linhas de transmissão, localizando imediatamente as quedas e outros problemas na rede, e sem o risco do contato com a alta tensão. “É apenas uma luz, imune aos ruídos da eletricidade, que traz o sinal para a placa. A concessionária Bandeirante está interessada em viabilizar a produção dos sensores, já que sua rede apresenta cinco mil pontos vitais para este tipo de monitoramento”.

Siqueira acrescenta que os estudos com sensores a fibras ópticas do giroscópio levaram a uma técnica inédita de compensação de temperatura, que abre ainda mais o leque de aplicações. “Na primeira versão da eletrônica do sensor de alta tensão, verificamos que uma variação de 0,1° interferia no funcionamento do sensor. Chegamos a um método de compensação que ninguém havia obtido e que agora pode viabilizar a medição de temperatura em ambientes extremos, como dentro dos transformadores de altíssima potência”.

A medida de temperatura em transformadores, diz o professor, é muito difícil de ser realizada. “Existem dezenas de sensores elétricos, que são estudados há décadas, mas que oferecem sinais ínfimos. Diante da potência dentro de um transformador de porte, o sinal é mascarado pelos efeitos elétricos, indicando medidas de temperatura pouco confiáveis. A solução, então, é a luz, que não se altera em função dos efeitos dentro do transformador”.

O pesquisador do Demic espera que esta técnica de compensação resulte em pelo menos uma patente. “A pesquisa deve ter o apoio da Eletropaulo, inclusive por prometer ganhos financeiros. Quando se tem dúvidas quanto a aumentar ou não a carga do transformador, a decisão geralmente é conservadora, usando-se apenas cerca de 65% da sua capacidade. Além de os transformadores serem caríssimos, ninguém quer assumir o risco de um *blackout*. Com isso, a companhia passa a operar com muito mais do que o dobro de equipamentos de que necessita”.



Giroscópio: equipamento está em aviões, foguetes e mísseis

O sensor inteligente e a agricultura de precisão

Duas teses orientadas pelo professor José Antonio Siqueira Dias, no âmbito do Departamento de Eletrônica e Microeletrônica (Demic), foram defendidas no dia 24 de julho. A primeira, do mestrando Wellington Roque, é sobre a ideia inédita de um sensor capaz de medir simultaneamente a temperatura, a umidade relativa e a condutividade elétrica do solo. “São parâmetros importantíssimos para quem pratica a chamada agricultura de precisão, ou agricultura inteligente”, afirma Siqueira. O docente da Unicamp lembra que a água doce representa apenas 2,5% da água total do planeta e, disso, 8% são usados para o nosso consumo, 12% na indústria e 80% em irrigação. “Na agricultura a água é desperdiçada de maneira absurda, sem controle, chegando a 800% a mais do que seria suficiente. Vemos braços mecânicos enormes, que medem até dois quilômetros, jogando neste raio toneladas de água, indiscriminadamente”.

Na agricultura de precisão, explica Siqueira, um dos cuidados é a de medir a quantidade exata de água exigida para uma área cultivada ou mesmo para cada planta. “Os sensores inteligentes que estamos desenvolvendo são pequenos e de baixo custo. Colocados no solo, eles determinam não apenas a necessidade de água para aquela cultura, mas também de adubação e de correções no solo”.

A outra tese, de Paulo Soares, trata de sensores para monitoramento das frotas de transporte rodoviário, que respondem por mais de 80% da ocupação das estradas no Brasil. “Já são vendidos os GPS (dispositivos de navegação controlada por satélite), mas que monitoram o veículo tendo como preocupação o roubo da carga. Não permitem saber se o motorista está dirigindo de forma adequada ou não”, observa José Siqueira Dias.

O computador de bordo desenvolvido no Demic monitora vários componentes do caminhão e tem o papel principal de educar o motorista, na visão do professor da Feec. “O equipamento foi testado em uma transportadora. Motoristas cumpriam um percurso previsto para doze horas, mas registramos que vários ficavam parados no posto de gasolina e depois rodavam acima do limite de velocidade para recuperar aquelas horas. Além do risco de se acidentarem, gastavam 50% a mais de diesel”.

Neste sistema, segundo Siqueira Dias, cada motorista recebe um cartão com chip que, inserido no compartimento de controle do caminhão, identifica o condutor, carga, hora de saída, destino, chegada e outra série de dados como velocidades e níveis de consumo de combustível durante o percurso. “O monitoramento na empresa de transportes resultou em uma economia de 15% nos combustíveis, aumento da produtividade e redução de 39% nos acidentes”.

Um projeto em curso no Demic envolve motocicletas elétricas, com financiamento da Eletropaulo. O professor José Antonio Siqueira Dias faz algumas contas rápidas: a moto movida a eletricidade gasta R\$ 0,08 centavos por quilômetro, o que representa R\$ 0,20 por dia (ou R\$ 4,00 por mês) para quem roda 15 quilômetros para ir e o mesmo tempo para voltar do trabalho. “É um apelo econômico enorme”.

A moto elétrica polui absolutamente nada, o que inspira outras contas, com base em estatísticas na cidade de São Paulo: motos convencionais de 125 cilindradas poluem 30 vezes mais do que veículos leves a gasolina, pois não estão equipadas com catalisador; como elas circulam quatro vezes mais, a proporção salta para 120 vezes. “Se as motos elétricas substituíssem 10% da frota de um milhão de motos convencionais de São Paulo, equivaleria à retirada de todos os veículos leves das ruas da Capital”.

A Eletropaulo está utilizando oito motocicletas elétricas chinesas nos serviços de mensageiro e de segurança há quase um ano. “No âmbito de um projeto que envolve Eletropaulo, Unicamp e Aneel, instalamos computadores de bordo e registramos informações a cada 5 segundos do percurso: velocidade, corrente no motor em via plana e em subida, tensão da bateria, temperatura do motor, etc.”.

Siqueira informa que, durante os vários meses em que as motos foram monitoradas, aprendeu-se muito sobre o seu funcionamento, e várias alterações no projeto inicial já foram recomendadas ao fabricante. “A velocidade

centivar o uso destas motos há 10 anos e hoje tem mais de 50 milhões de unidades em circulação. Um vídeo mostra uma avenida infestada de motos convertendo desordenadamente à esquerda e à direita, buzinando e obstruindo veículos, numa cena caótica. “Quatro cidades chinesas, onde a situação fugiu de controle, suspenderam o licenciamento de novas motos por problemas de segurança no trânsito”.

limitada a 50 km/h, o que pode ser interessante em termos de segurança, mas sabemos pouco, por exemplo, sobre a durabilidade do motor”.

Constou-se que uma das motos, ao invés de um único motor de 1.000 watts, traz dois motores de 500 watts embutidos nas rodas traseira e dianteira. “O motor traseiro é convencional e o dianteiro é acionado em situações de maior torque. Esta versão gasta a metade da energia em relação ao motor de 1.000 watts, com o mesmo tempo de percurso. Trabalhamos em um sistema inteligente para desligar o motor após uma subida, a fim de preservar a bateria quando usuário esquece de reverter o botão”.



Medidor pré-pago: cartão libera a corrente para a moto

Uma moto que não polui

é limitada a 50 km/h, o que pode ser interessante em termos de segurança, mas sabemos pouco, por exemplo, sobre a durabilidade do motor”.

Constou-se que uma das motos, ao invés de um único motor de 1.000 watts, traz dois motores de 500 watts embutidos nas rodas traseira e dianteira. “O motor traseiro é convencional e o dianteiro é acionado em situações de maior torque. Esta versão gasta a metade da energia em relação ao motor de 1.000 watts, com o mesmo tempo de percurso. Trabalhamos em um sistema inteligente para desligar o motor após uma subida, a fim de preservar a bateria quando usuário esquece de reverter o botão”.

Medidor pré-pago

A autonomia da moto elétrica é de 50 km e a recarga total da bateria leva cerca de sete horas na tomada. Diante desta inconveniência, o Demic criou, em conjunto com o CpqD, um mediador pré-pago de energia para ser disponibilizado em shoppings, universidades ou empresas. “Como na telefonia pública, o usuário adquire um cartão com créditos de energia na banca de jornal. Inserido no medidor, o cartão libera a corrente para a moto, que é recarregada enquanto o usuário trabalha, estuda ou passeia”.

De acordo com José Siqueira Dias, as motos chinesas da Eletropaulo já são montadas em São Bernardo do Campo e esta empresa já solicitou ao Demic o desenvolvimento de um sistema que permita simular na fábrica o desempenho dos veículos nas ruas. “Estamos mudando alguns módulos que poderão ser reprojetoados, recorrendo-se a um mix de componentes chineses e nacionais. A moto é vendida por R\$ 4.500, preço que deve cair no longo prazo. A Eletropaulo também está importando uma bateria com um novo composto, que deve dobrar a autonomia para 100 quilômetros”.

Controlador elétrico põe SuperMini para rodar

“Só na ‘banguela’, hein, doutor? Quer ajuda pra empurrar?”, gritou o frentista do posto de gasolina, quando viu o SuperMini da Gurgel parando distante das bombas. Na verdade, o motor estava ligado e o engenheiro Luciano Câmara Bueno de Moraes parou apenas rodando na pista o único barulho que se ouve do seu carro elétrico, que além de silencioso, não polui. O SuperMini convertido a tração elétrica circula por Campinas há mais de dois anos, sendo que o certificado de licenciamento específico: veículo com combustível “elétrico de fonte interna”.

A ideia inicial de Luciano Moraes para sua pesquisa de mestrado, apresentada na Unicamp em 2006, com a orientação do professor José Antonio Siqueira Dias, era desenvolver um kit de conversão similar ao dos veículos movidos a gás natural (GNV). Ele acabou por realizar a conversão completa do modelo (1992) de motor a gasolina para o elétrico e, para isso, desenvolveu o controlador eletrônico, importou um motor apropriado e alojou no bagageiro um banco de 14 baterias automotivas comuns.

“Foi um protótipo que funcionou muito bem, mas justamente neste momento estou promovendo alguns refinamentos, agora por *hobby*. Encostei o carro e retirei o kit, enquanto procuro um motor maior e uma bateria de lítio-ion. Espero melhorar a performance em ultrapassagens e em subidas, além de redimensionar a parte do motor”, informa Moraes, justificando a impossibilidade momentânea de dirigir o SuperMini para fotos mais atuais.

No primeiro protótipo, o banco de baterias tinha capacidade de 120Ah (amperes-hora) e 84V (aproximadamente 10 kWh), permitindo ao veículo uma autonomia de 50 a 60 quilômetros, trafegando a uma velocidade de 55 km/h. O SuperMini, porém, atingiu uma velocidade máxima próxima dos 95 km/h.

Segundo Luciano Moraes, a carga do banco de baterias é feita em cerca de 9 horas, com o consumo de 12,5 kWh. Pela tarifa cobrada pela companhia de energia elétrica em outubro de 2006, isto representou um custo de R\$ 4,33 por carga. Considerando a autonomia de 50 km, o custo final foi de R\$ 8,66 por 100 quilômetros rodados, contra os R\$ 17,15 do SuperMini com motor a gasolina.

O controlador eletrônico que desenvolveu, de acordo com o autor, apresentou alta eficiência (94 %), tendo se mostrado uma solução eficiente, extremamente confiável e robusta, e de custo inferior ao que estão disponíveis no mercado. Na época, Moraes estimou os custos do kit em R\$ 3.300,00 com os componentes nacionais e 470 dólares americanos com o motor. Ele diz que o processo de conversão é relativamente simples, depois do kit dimensionado, e pode ser realizado em oito horas numa oficina mecânica equipada.

Popularização

“Não lidei com uma tecnologia nova, pois carros elétricos já existem. Mas creio que minha pesquisa ajuda a desmistificar a ideia de que se trata de algo distante, que ainda é estudado por montadoras no exterior. As pessoas se perguntam: eu poderia ter um, já que os impostos tornam cara a sua importação? O carro elétrico é totalmente factível e gostaria de vê-lo popularizado no Brasil”, diz Luciano Moraes.

O engenheiro assegura que o seu SuperMini circula como um carro comum, ao menos para o dia-a-dia na cidade. “La todos os dias de casa para o trabalho, tranquilamente, num percurso de dez ou quinze quilômetros. Hoje, como estou numa empresa em Jaguariúna, deixei de dirigir-lo por que a distância é bem maior e surge a questão da autonomia”.

Pessoalmente, Luciano Moraes considerou vantajosa a conversão para o motor elétrico, mas admite que é difícil para o usuário comum fazer as contas, mesmo quanto ao uso estritamente urbano. “Vai depender da tecnologia da bateria, de quanto se investiu no kit e da depreciação que ele sofre, da configuração que se conseguiu para o carro. Em relação ao consumo, por exemplo, há uma economia enorme em relação à gasolina, porém menor em comparação com o álcool e o gás natural”.

O próprio autor tomou seus cuidados para não ter grandes prejuízos, caso algo desse errado na pesquisa, começando por escolher um veículo fora de linha e, portanto, barato. “Também optei inicialmente pela bateria automotiva comum, a fim de dimensionar a quantidade ideal e o peso em chumbo para uma boa autonomia. A bateria tração-tracionária, mais robusta e apropriada para veículos elétricos, seria cara demais para ser usada antes do dimensionamento correto do protótipo”.

Logo depois de defender a tese na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Luciano Moraes trocou as baterias por outras também de tecnologia de chumbo-ácido, porém mais robustas que o modelo automotivo. “Em termos de autonomia, o peso é semelhante ao das convencionais, mas a bateria tração-tracionária possui um desenho das placas internas apropriado para vários ciclos de carga e descarga, danificando menos”.

O pesquisador está procurando, nos Estados Unidos, os dispositivos para aprimorar ainda mais o SuperMini elétrico, pois lá todas as peças já estão disponíveis no mercado, inclusive em kits prontos. “A popularização no Brasil implicaria nas mesmas facilidades de aquisição. Mesmo o problema da autonomia para viagens longas, poderia ser resolvido com um sistema à base de troca: no posto de combustíveis, o motorista trocaria o banco de baterias descarregado por outro carregado”.

Licenciamento

Quando o veículo elétrico estiver popularizado, o usuário também será poupado do périplo que Luciano Moraes precisou enfrentar para obter o certificado de licenciamento do SuperMini. “Antes de tudo, tive de conseguir uma autorização no Detran para a minha intenção de promover uma modificação de motor e de combustível. É uma guia que autoriza a modificação, mas que não significa a sua aprovação”.

Feita a conversão, SuperMini passou por testes em laboratório do Instituto, em que se verificou principalmente a questão da segurança, a exemplo de rodas e freios. “Como não alterei a parte estrutural, consegui o licenciamento, mesmo porque a categoria de veículos elétricos já está na legislação. A Gurgel produziu dois modelos, E-150 e E-400, classificados nos documentos como ‘elétricos de fonte interna’”.

O professor José Siqueira Dias, que orientou a pesquisa, adianta que ele e Luciano Moraes estão prestes a visitar a fábrica da Fiat em Contagem (MG), por conta dos resultados obtidos com o SuperMini. “Já foi noticiado sobre o Pálio elétrico, que na verdade resulta da conversão do modelo convencional. Mas eles gostaram do nosso trabalho e nos chamaram para conversar, pois querem mesmo é desenvolver um carro-conceito elétrico”.

A nova versão do SuperMini

O engenheiro Luciano Moraes faz uma estimativa dos custos e do rendimento do SuperMini elétrico com as mudanças que pretende introduzir:

Controlador eletrônico:
o mesmo do SuperMini atual, com custo de R\$ 350, apenas dos componentes (um controlador comercial custa entre US\$ 600 e US\$ 1.500, dependendo do modelo)

Novo motor de 40hp:
aproximadamente US\$ 800

Nova bateria:
ainda em estudo, entre R\$ 2.500 e R\$ 3.500

Autonomia:
de 100 a 150km/h

Tempo de carga:
4 horas

Custo da carga:
semelhante ao atual de R\$ 4,33

Velocidade média:
65 km/h

Velocidade máxima:
120 km/h

Conversão em oficina:
estando o kit dimensionado ao veículo, entre R\$ 800 e R\$ 1.500 para instalação e configuração.