

LEVANTAMENTO DAS PESQUISAS EM ENERGIA RENOVÁVEL E SUAS APLICAÇÕES NA UNICAMP – CAMPUS DE CAMPINAS

MARCELO ANUNCIAÇÃO JACULLI*, ARTHUR BENELLI MARIM, LORENZO PRUDENTE CORREA SPEDICATO, LUCAS RAMOS CARVALHO & VICTOR HUGO LIMA GIUSTI¹

Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

* E-mail do autor correspondente: mjaculli@gmail.com

RESUMO: Devido a crescente importância das energias renováveis no cenário mundial, principalmente com os constantes debates sobre sustentabilidade, a pesquisa e o desenvolvimento nessa área tomam proporções cada vez maiores nas linhas de pesquisas de empresas e institutos. Não poderia ser diferente na UNICAMP. Esse trabalho tem como objetivo fazer um levantamento das pesquisas e do desenvolvimento de produtos relacionados a energias renováveis feitos no *campus* de Campinas, dando destaque às pesquisas instaladas dentro do *campus*. Para tanto, elaborou-se um questionário, que inclui o tipo de energia renovável pesquisada, o tema da pesquisa, as parcerias entre instituições, os laboratórios envolvidos e os objetivos para o futuro, direcionado a professores cujas pesquisas estão envolvidas com a área. O resultado foi satisfatório, encontrando-se diversas pesquisas para vários tipos de renováveis, incluindo projetos já concluídos, projetos em andamento e projetos em fases iniciais.

PALAVRAS-CHAVE: sistema híbrido, solar, eólica, conversor de energia elétrica, NIPE.

MAPPING THE RESEARCHES ON RENEWABLE ENERGY AND THEIR APPLICABILITIES AT UNICAMP – CAMPINAS' CAMPUS

ABSTRACT: Due to the increasing importance of the renewable energy in the global scenario, especially considering the constant debates about sustainability, the research and development (R&D) in this area is taking an important role at the research departments of companies and institutes. It couldn't be different at UNICAMP. The present work aims to map renewable energy researches and the development of their products at the main *campus*, highlighting the researches which were implemented inside the *campus*. For this purpose, a questionnaire was elaborated containing the following: kind of renewable energy researched, research topic, partnerships, involved laboratories and future plans. This questionnaire was applied to professors involved in renewable energy projects. The result was satisfactory, since many professors are involved in several researches of this kind, including completed projects, ongoing ones and also some phase one projects.

KEYWORDS: hybrid system, solar, wind, electric energy converter, NIPE.

INTRODUÇÃO

O conceito de energia, cientificamente falando, associa-se ao conceito de produção de trabalho. O ser humano sempre buscou formas de utilizar energia para algum fim, e o consumo energético no planeta vem

crescendo exponencialmente ao longo dos anos. Depois da primeira revolução industrial, o homem embasou seus avanços tecnológicos basicamente em recursos naturais não renováveis como petróleo e carvão. O grande uso desses recursos, além de constituir uma

maneira não inteligente de consumir os recursos naturais oferecidos pelo planeta, gera importantes impactos ambientais, como emissão dos gases estufa, aquecimento global, entre outros. De acordo com SRREN (2011), desde 1850 o uso de combustíveis fósseis (carvão, óleo e gás) tem sido dominante para o atendimento da demanda de energia no mundo, e isto tem sido a causa de um crescimento acelerado nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). No Brasil, a geração pública a partir de combustíveis fósseis caiu 35,1%, fruto de redução na geração a gás natural (65,2%) e óleo combustível (33,3%) (BEN, 2010).

Nesse âmbito, ganha força o tema das energias renováveis, fontes de energia primária originária de fontes naturais e que possuem a capacidade de regeneração, ou seja, não se esgotam. A engenhosidade humana tem permitido nos últimos anos importantes avanços que possibilitam explorar diretamente essas fontes de energia, de maneira a viabilizar seu uso de forma direta, ou convertendo-as em energia elétrica. Segundo estudos da NREL (*National Renewable Energy Laboratory*), dos EUA, as energias renováveis já representam 23% da geração de energia elétrica no planeta (NREL, 2012). Sobre a matriz elétrica mundial, de acordo com IEA (2010), a participação das renováveis ficou em aproximadamente 19% da oferta de eletricidade global, em 2008. Em linhas gerais, o aumento na participação de

energias renováveis tem sido motivado por diferentes razões, tais como: preocupações ambientais, desenvolvimento social e econômico, competitividade frente à geração convencional, volatilidade no preço do combustível fóssil, aumento na demanda energética, segurança energética e políticas governamentais.

No Brasil, a principal fonte de geração nas centrais públicas é a energia hidráulica. A matriz elétrica brasileira é predominantemente renovável, fruto da grande fatia de geração hidráulica (77%), e da geração térmica originada por biomassa (5,4%). Desta forma, pode-se afirmar que aproximadamente 90% da geração elétrica no Brasil é originada a partir de fontes renováveis.

Muitos trabalhos publicados na Revista online BE310 já abordaram temas sobre fontes renováveis específicas, principalmente de 2005 em diante. Por exemplo, o trabalho de OSHIYAMA *et al.* (2005) analisou a viabilidade da implantação da energia eólica na FEEC, com SARRUF & PIGA (2006) analisou-se a viabilidade da energia solar na UNICAMP, e assim por diante. Como um centro de ensino e pesquisa de excelência, a UNICAMP tem um papel chave em uma questão que concomitantemente aborda aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. Dessa forma, julgou-se interessante reunir, de maneira abrangente, informações sobre o emprego e o estudo de fontes renováveis de

energia em diversos institutos do *campus* de Campinas da UNICAMP, analisando as diferentes áreas de atuação dos docentes, os eventuais benefícios para a sociedade, os desafios e as perspectivas futuras.

Elaborou-se um questionário e os integrantes do grupo percorreram diferentes institutos da UNICAMP em busca de projetos e iniciativas inovadoras na questão energética. Dentre as fontes de energia renováveis citadas pelos docentes pesquisados, estão as mais importantes e atuantes no cenário mundial atualmente: a energia hidroelétrica, solar fotovoltaica, solar não fotovoltaica, eólica, biomassa e geotérmica.

Docentes de institutos como Engenharia Mecânica, Engenharia Agrícola, Instituto de Física, entre outros, apresentaram trabalhos, muitas vezes, em parceria com universidades estrangeiras e empresas privadas multinacionais, evidenciando de maneira gratificante a situação de vanguarda que se encontra a UNICAMP, comandando pesquisas inovadoras e representando uma arma mister da sociedade brasileira frente aos desafios futuros sobre a questão energética, mostrando a preocupação da comunidade acadêmica de maneira geral com valores, acima de tudo, éticos e humanos, usando a engenhosidade e inventividade humana a serviço do ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de levantar dados sobre as pesquisas e o desenvolvimento de produtos relacionados às energias renováveis na UNICAMP, foi inicialmente realizado um levantamento via *internet* em diversos institutos, a fim de identificar possíveis professores e pesquisadores que desenvolvem projetos e/ou pesquisas relacionados ao tema em questão. Para a coleta dos dados em campo, elaborou-se um pequeno questionário, contendo perguntas sobre o tipo de energia renovável pesquisada, trabalhos e projetos em desenvolvimento ou já desenvolvidos na área e seus resultados até o momento, além de informações sobre parcerias com outras instituições ou empresas e planos para novas pesquisas. De posse desse questionário, diversos professores foram consultados por todo o *campus* e entrevistados, considerando que os institutos passíveis de oferecerem condições e funções para a pesquisa nessa área foram: FEM (Faculdade de Engenharia Mecânica), FEEC (Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação), FEQ (Faculdade de Engenharia Química), FEAGRI (Faculdade de Engenharia Agrícola), FEA (Faculdade de Engenharia de Alimentos), IQ (Instituto de Química) e por fim, IFGW (Instituto de Física Gleb Wataghin). No total, foram entrevistados 12 professores pertencentes a essas unidades, apesar de que houve outros que não puderam ser encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do questionário, foi possível fazer o levantamento das pesquisas e áreas e quais pesquisadores da UNICAMP estão envolvidos. O resultado da pesquisa é

resumido na Tabela 1 e apresentado com mais detalhes na sequência, descrevendo as informações obtidas com os professores entrevistados.

Tabela 1: Pesquisas sobre energias renováveis de acordo com os institutos pesquisados da UNICAMP

	Energia Renovável						
	Hidrogênio	Eólica	Biomassa			Solar	Geotérmica
			Sólido	Gaseificação	Líquido		
FEEC		X				X	
FEAGRI		X				X	
FEM		X	X	X	X	X	X
FEQ			X				
IFGW	X					X	
IQ						X	
FEA					X		

Os sete institutos pesquisados estão envolvidos em sete áreas de pesquisa. Segue a descrição dos pesquisadores e projetos entrevistados: **1) Carla Kazue Nakao Cavaliero (FEM)** - Atua na análise e avaliação da operação de sistemas com energia solar e eólica conectadas à rede de distribuição de energia elétrica. Em parceria com o IFGW (LH2 - Laboratório de Hidrogênio), NIPE/UNICAMP, CPqD, Hytron e Instituto Aqua Genesis, instalou-se um sistema híbrido de energia solar-eólica (5kW), próximo a FEAGRI, na UNICAMP, para estudos mais aprofundados quanto a sua eficiência. Sua pesquisa encontra-se em fase de compras e instalação da expansão do sistema híbrido. Uma vertente de suas

pesquisas refere-se à preocupação ambiental, que é a de emissões e créditos de carbono; iniciando trabalhos na área ([Currículo Lattes](#)).

2) Luiz Felipe Mendes de Moura (FEM) - Pesquisas na área de energia eólica, incluindo desenvolvimento de aerogerador de 5 kW. Parceria com FINEP e a empresa Eletrovento ([Currículo Lattes](#)). **3) José Antenor Pomílio (FEEC)** - Desenvolveu um conversor para transformar energia solar e eólica em energia elétrica, em parceria com o IFGW e o NIPE. Estuda sobre o condicionamento de energia elétrica e nas formas de agregar as energias renováveis à rede elétrica. Foram construídos vários conversores em seu laboratório, o LCEE (Laboratório de Condicionamento de Energia Elétrica) ([Currículo Lattes](#)). **4) Luiz**

Antônio Rossi (FEAGRI) - Atua em diversos projetos relacionados à energia eólica e solar. Concluiu a instalação de uma torre anemométrica em Cubatão, com posterior expansão para mais sete torres no estado de São Paulo, após estudo do atlas eólico paulista, em parceria com o consórcio PROVENTOS. Participa do projeto do sistema híbrido instalado na UNICAMP, em parceria com outros institutos, o qual gera atualmente 5kW de potência, além de um conjunto de painéis solares gerando 60kW, e novos testes sendo realizados na usina solar de Tanquinho (Campinas-SP) em parceria com a CPFL, com capacidade de 1MW. Ainda possui um laboratório em construção na FEAGRI para expansão de suas pesquisas na área, visando a pesquisa de painéis solares de 3ª geração (mais eficientes) ([Currículo Lattes](#)). 5) **Araí Augusta Bernárdez Pecora (FEM)** - Através do seu laboratório PROTEA (Laboratório de Processos Térmicos e Engenharia Ambiental) atua com pesquisas na área de pirólise de biomassa sólida, tendo como resultados biocombustível e carvão vegetal ([Currículo Lattes](#)). 6) **Joaquim Eugênio Abel Seabra (FEM)**- Atua na avaliação (com ênfase na sustentabilidade) dos atuais processos de energia a partir da biomassa sólida, além de estudos sobre a 2ª geração do Etanol ([Currículo Lattes](#)). 7) **Kátia Tannous (FEQ)** - Através do seu laboratório, o LAPROM (Laboratório de Tecnologia de Partículas e Processos

Multifásicos), estuda o pré-tratamento da biomassa sólida ([Currículo Lattes](#)). 8) **Waldyr Luiz Ribeiro Gallo (FEM)** - Pesquisas na área de motores voltadas para biocombustíveis. Através do LABIOEN (Laboratório de Bioenergia) desenvolverá novo projeto sobre motores a etanol ([Currículo Lattes](#)). 9) **Gilberto de Martino Jannuzzi (FEM)**- Tem diversos trabalhos nas áreas solar, biomassa e eólica, inclusive um projeto de sistema híbrido solar-eólica testado na UNICAMP. Atualmente, em parceria com UFSC, UFPE e UFBA, estuda o desenvolvimento de novos painéis fotovoltaicos. Os mesmos foram instalados na Arena Pernambuco (potência de 1MW) e em uma central fotovoltaica na Bahia, onde estão sendo feitos os testes em conjunto com a UFBA. Conta com um laboratório na UFSC, e atua como pesquisador do NIPE, dando suporte a projetos de energia solar (60kW) e solar-eólica (5kW) ([Currículo Lattes](#)). 10) **Kamal Abdel Radi Ismail (FEM)**- Vários projetos na área de energia solar, sendo o último o desenvolvimento de tubos de calor para coletores planos e concentradores para gerar água quente e vapor a 120°C, além de projetos de armazenadores térmicos ([Currículo Lattes](#)). 11) **Marcelo Gradella Villalva (FEEC)** - Em parceria com o prof. Ernesto Ruppert, desenvolveu e construiu um conversor para transformar energia solar em elétrica, no LEPO (Laboratório Eletrônico de Potência), em parceria com o IFGW e a

CPFL. Este conversor tem uma eficiência de 85%, muito superior aos conversores atuais ([Currículo Lattes](#)) e 12) **José Ricardo Pelaquim Mendes (FEM)** - Em parceria com FEC, IG, UNIFEI e a empresa AES Tietê, pesquisa a possibilidade da energia geotermal híbrida no Brasil a partir de fontes de baixa temperatura ([Currículo Lattes](#)).

Não se pode falar em pesquisas sobre energias renováveis na UNICAMP sem citar o Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE). Localizado na Rua Cora Coralina, próximo a FUNCAMP e ao CEPETRO, foi criado em 1992 e conta com o apoio de docentes de diversas áreas da UNICAMP, que incluem IE (Instituto de Educação), IMECC (Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica), FEM, FEEC, FEAGRI, FEC, IFGW, IG (Instituto de Geociências), FEA e FEQ. Sua missão (NIPE, 2013) é “realizar estudos e pesquisas, prestar serviços de consultoria e assessoria e capacitar profissionais nas áreas interdisciplinares de energia e planejamento energético, assim como influir na concepção e implementação de políticas energéticas que sejam um meio apropriado para o desenvolvimento sustentável de nossa sociedade”. Dessa forma, vemos que NIPE possui contribuição ímpar para as pesquisas em energias renováveis, o que pode ser confirmado observando suas linhas de pesquisa, nas áreas de sistemas energéticos,

meio ambiente e desenvolvimento sustentável. É justamente uma dessas pesquisas que é o destaque desse artigo, pois está instalada dentro do *campus* de Campinas.

Antes de dirigir à pesquisa principal em si, vale mencionar e destacar o projeto desenvolvido pelo Prof. Gilberto de Martino Januzzi (FEM). Como já explicado brevemente acima, tal projeto consistiu na implantação de um sistema híbrido solar-eólico nas proximidades da atual portaria 5 do *campus* de Barão Geraldo, próximo à área da Saúde - HC (Hospital das Clínicas) e FCM (Faculdade de Ciências Médicas), porém foi removido posteriormente.

Seguindo essa linha de pesquisa, há atualmente outro projeto de sistema híbrido solar-eólico conduzido pelo NIPE, com a colaboração de diversos professores da UNICAMP. Uma foto do local pode ser vista na Figura 1. Dentre os professores entrevistados e que fazem parte desse novo projeto, estão a Prof^a Carla Kazue Nakao Cavaliero (FEM) e o prof. Luiz Antônio Rossi (FEAGRI). O projeto consiste basicamente na instalação de uma usina com painéis de diferentes tecnologias, dois aerogeradores, com capacidade de 5kW de potência e diversos conversores de energia na UNICAMP. Segundo reportagem do JORNAL DA UNICAMP (2012), “os pesquisadores da Unicamp vão iniciar os estudos de medições, simulações e também de aprimoramento das tecnologias já

desenvolvidas para a conexão à rede elétrica da energia fotovoltaica gerada”.



Figura 1: Local da instalação do sistema híbrido solar-eólico conduzido pelo NIPE na Unicamp.

Quanto aos aerogeradores, sua função é a obtenção de energia elétrica através do vento, como as tradicionais turbinas eólicas conhecidas mundialmente. Ainda segundo informações do JORNAL DA UNICAMP (2012), os experimentos feitos com esses aparelhos servirão posteriormente para a projeção da produção anual de energia elétrica e poderão depois ser comparados por dados coletados. Os conversores de energia elétrica, por sua vez, são necessários para o condicionamento e a transformação da energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos e aerogeradores em uma forma compatível com aquela utilizada nas linhas de transmissão das redes elétricas (corrente contínua para corrente alternada) (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010). Esses conversores são alvo de estudos na FEEC, incluindo os professores entrevistados

Marcelo Gradella Villalva e José Antenor Pomílio. Logo, o maior desafio do presente projeto é a integração da energia gerada pelas fontes renováveis (solar e eólica) às redes de transmissão. A continuidade do projeto será dada pela instalação de uma rede auxiliar em torno dos sistemas já instalados, a fim de realizar todas as medições e experimentos necessários. Segundo o Prof. Luiz Antônio Rossi (FEAGRI), a UNICAMP não permite a conexão direta dos sistemas de geração de energia do projeto diretamente à rede elétrica municipal, justificando então a instalação da rede auxiliar exclusiva para testar os impactos do sistema híbrido na rede elétrica.

Ainda segundo a Prof^a Carla Cavaliero, na mesma reportagem do JORNAL DA UNICAMP (2012), um dos aspectos mais importantes desse projeto é a preocupação ambiental, possibilitando ainda a obtenção de créditos de carbono: “O que está sendo evitado de emissões de gases de efeito estufa e como será feita essa contabilidade são levados em conta. O estudo considera ainda que, ao gerar energia elétrica com as fontes eólica e solar fotovoltaica no horário diurno, uma parcela da geração hidrotérmica será deslocada, podendo reduzir as emissões de gás carbônico (...)”. Maiores informações sobre o projeto em questão, bem como sobre os conversores de energia que foram desenvolvidos, podem ser encontradas no JORNAL DA UNICAMP (2012) e no *website* INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (2010).

Observando os resultados obtidos, percebe-se uma boa distribuição de pesquisas entre os institutos, além de uma variedade de frentes de pesquisa. Dois pontos interessantes que o questionário trouxe a tona foram: Grande número de pesquisadores envolvidos em pesquisas com energia fotovoltaica (Solar), cerca de 50% dos entrevistados; e ainda duas novas frentes de pesquisa, Hidrogênio e Geotérmica, com pesquisadores do IFGW e da FEM, respectivamente, com suas pesquisas nessas novas alternativas de energia renovável.

Ao analisar somente os institutos envolvidos, nota-se um maior envolvimento da FEM na pesquisa por fontes de energia renováveis, enquanto os outros institutos têm envolvimento mais pontuais. Tal resultado causa surpresa, visto que tais pesquisas não são muito difundidas nem divulgadas à comunidade da FEM.

Por outro lado, nota-se que poucos professores estão, de fato, com pesquisas instaladas dentro do *campus*, apesar de que, muitas vezes, elas estão associadas a instituições sem fins lucrativos ou então sofrem com a falta de recursos para sua viabilização. De qualquer forma, fica evidente a contribuição dos docentes da universidade com o desenvolvimento tecnológico do país, além da formação de novos pesquisadores com conhecimentos na área.

AGRADECIMENTOS: O grupo agradece aos professores Araújo Augusta Bernárdez Pecora, Carla Kazue Nakao Cavaliero, Gilberto de Martino Januzzi, Joaquim Eugênio Abel Seabra, José Antenor Pomílio, José Ricardo Pelaquim Mendes, Kamal Abdel Radi Ismail, Kátia Tannous, Luiz Antônio Rossi, Luiz Felipe Mendes de Moura, Marcelo Gradella Villalva e Waldyr Luiz Ribeiro Gallo pela atenção dada e pelo tempo dedicado a nos contar sobre suas pesquisas, contribuindo com o conteúdo presente nesse artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALAGOPAL, B.; PARANIKAS, P.; ROSE, J., 2010. What's Next for Alternative Energy? The Boston Consulting Group (BCG), Boston. Disponível em: https://www.bcgperspectives.com/content/articles/energy_environment_sustainability_whats_next_for_alternative_energy/ Acesso em: 20 de novembro de 2013.
- BEN, 2010. Balanço Energético Nacional 2010. Ministério de Minas Energia – Empresa de Planejamento Energético. Brasília: MME/EPE, 2011. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/relatorio_final_ben_2010.pdf Acesso em: 20 de novembro de 2013.
- IEA World Energy Outlook, 2010. Energy Poverty: how to make modern energy access universal. International Energy Agency, Paris, France. Disponível em: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2010/weo2010_poverty.pdf Acesso em: 20 de novembro de 2013.
- INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010. Unicamp cria conversor para ligar painéis solares à rede elétrica. Com informações do Jornal da Unicamp - 10/03/2010. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=conversor-para-ligar-paineis-solares-rede-eletrica> Acesso em: 23 de novembro de 2013.
- IPCC, 2011. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University

Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp. Disponível em:

http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf Acesso em: 20 de novembro de 2013.

JORNAL DA UNICAMP, 2012. Energia solar chega à rede em 2013. Campinas, 25 de junho de 2012 a 01 de julho de 2012 – ANO 2012 – Nº 531. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/ju/531/energia-solar-chega-%C3%A0-rede-em-2013> Acesso em: 23 de novembro de 2013.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2012. 2012 Renewable Energy Data Book. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60197.pdf> Acesso em: 20 de novembro de 2013.

NIPE, 2013. Portal do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético. Disponível em: <http://www.nipeunicamp.org.br/site/index.php> Acesso em: 25 de novembro de 2013.

OSHIYAMA, N. F.; VILELA, T. M.; LANÇONI, T. E.; SALARO, V. G, 2005. Análise da Viabilidade de Implementação de Energia Eólica na Faculdade de Engenharia Elétrica (FEEC), UNICAMP. *Revista Ciências do Ambiente*, Vol. 1 (1). Disponível em: <http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/20/8> Acesso em: 20 de novembro de 2013.

SARRUF, G.A. & PIGA, L.P.R., 2006. Viabilidade da Energia Solar na UNICAMP. *Revista Ciências do Ambiente*, Vol. 2 (2). Disponível em: <http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/56/36> Acesso em: 20 de novembro de 2013.