

## CONSTRUÇÃO DA PLANTA PILOTO DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO NA USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU: UM RELATO SOBRE DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TECNOLÓGICOS

Ricardo J. Ferracin<sup>1</sup>, Isnel Ubaque<sup>2</sup>, Carina B. Jakubiu<sup>3</sup>, Marcelo Miguel<sup>4</sup>, Angel A. Quispe<sup>5</sup>

**Abstract.** *This article has presented a technical report about challenges and opportunities that were identified in the technological development necessary for the build of a Hydrogen Production Pilot Plant (PPH), including technical and management details. This project was carried out through an agreement signed for technical and financial cooperation between Itaipu Binacional (IB), Eletrobras and the Itaipu Technological Park Foundation (FPTI), which allowed the investigation of the hydrogen life cycle, involving the steps of its production, purification, compression, storage, quality control, transportation and end use. With this purpose, it was concluded with some reflections that can be useful for the management of organizations that work in the planning and execution of Research and Technological Development projects.*

**Keywords:** *Management of technological projects, Hydrogen, Knowledge Engineering*

**Resumo.** *Neste trabalho é apresentado um relato técnico sobre os desafios e oportunidades que foram identificados no desenvolvimento de projeto tecnológico necessário para a construção de uma Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH), incluindo detalhes técnicos e de gestão. Esse projeto de desenvolvimento tecnológico foi realizado por meio de convênio firmado para cooperação técnico-financeira entre a Itaipu Binacional (IB), Eletrobras e Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), o qual permitiu que fosse efetuada a investigação do ciclo de vida do Hidrogênio, envolvendo as etapas de sua produção, purificação, compressão, armazenamento, controle de qualidade, transporte e uso final. Com este propósito, concluiu-se com algumas reflexões que podem ser úteis para a gestão de organizações que trabalham no planejamento e execução de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.*

**Palavras-chave:** *gestão de projetos tecnológicos, Hidrogênio, Engenharia do Conhecimento*

---

<sup>1</sup> Fundação Parque Tecnológico de Itaipu – PTI, Foz do Iguaçu - PR – Brasil. Email: ricardo.jose@pti.org.br

<sup>2</sup> Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu - PR – Brasil. Email: isnel.ubaque@gmail.com

<sup>3</sup> Fundação Parque Tecnológico de Itaipu – PTI, Foz do Iguaçu - PR – Brasil. Email: carina.bonavigo@pti.org.br

<sup>4</sup> Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu - PR – Brasil. Email: marcelom@itaipu.gov.br

<sup>5</sup> Fundação Parque Tecnológico de Itaipu – PTI, Foz do Iguaçu - PR – Brasil. Email: angel.quispe@pti.org.br

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 VETOR DE ENERGIA: HIDROGÊNIO

Parcerias internacionais e nacionais para o desenvolvimento do Hidrogênio como um Vetor de Energia, como forma de armazenamento de energia de fontes renováveis, têm evoluído nos últimos anos. Pesquisas e investimentos têm sido feitos nas áreas de eletrolisadores e células a combustível, permitindo a construção de equipamentos mais eficientes, tanto para aplicações estacionárias e para suprimento de cargas, quanto para aplicações móveis, como na indústria automobilística. Entretanto, a carência de adequada infraestrutura de produção e distribuição de Hidrogênio é um dos maiores empecilhos para o desenvolvimento e comercialização industrial das células a combustível no Brasil. No entanto, essa tecnologia ainda não pode ser comercializada devida à limitação econômica encontrada para a produção do Hidrogênio em larga escala comercial para o suprimento das demandas necessárias, pois os equipamentos ainda são importados.

O potencial hidrelétrico brasileiro, aliado às condições hidrológicas que proporcionam períodos de vertimentos, partes destes turbináveis, nas usinas hidrelétricas, oferecem oportunidades de produção de Hidrogênio sem prejudicar ou interferir na produção de energia elétrica. O aproveitamento desta energia turbinável, que seria vertida, para a produção de Hidrogênio, aumenta a eficiência energética das usinas hidrelétricas, uma vez que otimiza e diversifica o processo de geração, possibilita a criação novas unidades de negócio e oportunidades de aumento das receitas para as empresas do setor elétrico, além de contribuir para a redução do custo do Hidrogênio produzido pela eletrólise da água a fim de que se torne comercialmente viável.

O desenvolvimento de competências técnicas geradas a partir da construção da Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH) visa potencializar a capacitação de recursos humanos com conhecimentos específicos através da disponibilização de uma infraestrutura para pesquisa.

Com esse conceito de aplicação, na Figura 1 está mostrada, de modo esquematizado, a linha de atuação do Núcleo de Pesquisas em Hidrogênio (NUPHI) da Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI).

Figura 1: Descrição esquemática do Vetor de Energia Hidrogênio e sua utilização



Fonte: Próprios autores, 2017.

## 1.2 ASPECTOS DE GESTÃO DE PROJETOS TECNOLÓGICOS

De acordo com Kerzner (2002), o ambiente nos quais projetos tecnológicos são desenvolvidos é o mais difícil e turbulento para se gerenciar um projeto. A busca de eficiência e eficácia na execução desse tipo de projetos, realizados em Organizações que trabalham com Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, trazem componentes que vão além dos objetivos dos projetos, já que envolve a aplicação de recursos de patrocinadores que necessitam que suas metas sejam atingidas, o que torna esse tipo de projetos muito diferente de outros.

Também de acordo com Kerzner (2002), os projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico exigem que pesquisadores, com alto grau de formação, assumam a gestão dos mesmos, os quais envolvem técnicos altamente capacitados, que tem que aprender a levar em consideração que custo e tempo são tão importantes quando se aperfeiçoar o estado da arte em uma determinada área do conhecimento.

Muitas pesquisas para desenvolver a tecnologia do hidrogênio estão sendo realizadas em todo o mundo. A partir de 2002, o atual Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI) intensificou seus esforços na identificação de competências científicas e tecnológicas na área de Células a combustível (CaC's). Foi então criado o PROCaC (Programa Brasileiro de Sistemas de Células a Combustível), que hoje é conhecido como PROH2 (Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio). Entre os vários desafios identificados estão a produção, o armazenamento e a distribuição do Hidrogênio, além da capacitação de recursos humanos, regulação quanto à segurança e

padronização e necessidade de parcerias efetivas entre instituições do governo e o setor industrial, entre outros.

Os principais desafios para a utilização do Hidrogênio como um Vetor de Energia estão na diminuição do custo de produção de Hidrogênio, no seu armazenamento, no transporte de hidrogênio, entre outros.

Como ocorre em muitas outras áreas tecnológicas, uma grande dificuldade no Brasil é tratar esse tema com viés econômico e financeiro, propiciando a geração de novos negócios. Esse é um dos principais “gargalos” que o Brasil possui há muitos anos no que se refere à desenvolvimento de projetos tecnológicos que podem levar à inovação tecnológica. Apesar de muitas iniciativas de órgãos de fomento como a Financiadora de Estudos e Projetos (FINPEP), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e organizações como a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (AMPROTEC), a Sociedade Brasileira Pró-inovação Tecnológica (PROTEC) entre outras, o Brasil ainda está aquém de outros países, nos quais o Hidrogênio já tem nichos de negócios consolidados. O Prof. Dr. Roberto Nicolsky tem vários artigos na literatura e apresentações que demonstram o atual cenário no Brasil e seus problemas no que se refere à implementação de Políticas que efetivamente promovam o desenvolvimento econômico a partir do desenvolvimento tecnológico.

No relato técnico aqui efetuado, esses aspectos são tratados de forma resumida mas de forma prática, trazidos pela realidade da execução de um projeto de construção de uma Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH), cujos desafios de execução foram muito além do que a simples construção física de um local adequado para sua instalação.

## **2 ANÁLISE E DISCUSSÃO**

### **2.1 DESAFIOS E OPORTUNIDADES**

Nesse item estão apresentados os principais desafios durante a construção da Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH) e as oportunidades que foram geradas para a equipe técnica do Núcleo de Pesquisas em Hidrogênio (NUPHI) da Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI).

A Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH) foi inaugurada em 18 de dezembro de 2014, iniciando a produção de hidrogênio. Contudo, o início oficial do projeto foi em 03 de

outubro de 2011. Um dos principais aspectos iniciais desse projeto de desenvolvimento tecnológico foi alinhar uma série de interesses e expectativas de diversas organizações externas que aportavam recursos financeiros, que viam a execução do projeto com diferentes pontos de vista. Aliado a isso, outras instituições também tinham interesses na construção da Planta de Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH) e não somente de pesquisa, como, principalmente, financeiros. Esse ambiente externo, com muitos interesses e expectativas, que iam além da parte técnica, exigiu muita atenção por parte da gestão desse projeto de desenvolvimento tecnológico.

Internamente, como se tratava da construção de uma edificação específica para um ambiente potencialmente explosivo, todos os cuidados com relação à segurança foram seguidos, principalmente os requisitos da norma técnica francesa 94/9/EC, ATEX, que é um acrônimo encontrado no título dessa norma em francês: *Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosibles*.

Importante mencionar que houve participação significativa de todas as equipes das áreas de apoio da Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI). Essas áreas foram fundamentais para a execução de todos os processos de aquisição de materiais e equipamentos previstos no projeto. Desse modo, garantiu-se que todos os requisitos jurídicos fossem integralmente atendidos e que os prazos estabelecidos fossem cumpridos, sem atrasos significativos e com utilização dos recursos financeiros de modo racional e eficiente. Atuando dessa maneira, permitindo-se a livre concorrência, houve uma economia de recursos financeiros na ordem de R\$ 500.000,00, os quais foram devolvidos para a Eletrobras e Itaipu Binacional para serem investidos em outros projetos.

Os processos de aquisição e contratação merecem um destaque à parte, pois exigiram muita atenção e acompanhamento por parte da gestão do projeto. Isso devido ao fato que os processos de aquisição tiveram que seguir a Lei 8.666, conforme determinado pela Eletrobras, e também procedimentos de aquisição específicos da Itaipu Binacional.

Para isso ocorrer foi fundamental o cuidado na elaboração de especificações técnicas para os editais de licitação. Muitos problemas foram evitados com os fornecedores vencedores de processos de licitação para contratação de empresas e aquisição de equipamentos de grande porte, que muitas vezes tentavam “vender” um equipamento com restrições técnicas que não atendiam ao especificado pela equipe técnica do Núcleo em Pesquisas em Hidrogênio (NUPHI). Contudo, mesmo tendo esse cuidado, a não especificação detalhada do comissionamento da Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH) permitiu que a empresa que forneceu o Sistema de Produção, Purificação, Compressão e Armazenamento de

Hidrogênio tivesse algumas falhas, principalmente no que se refere ao número de horas trabalhadas desse Sistema na presença da equipe técnica que instalou o equipamento. Os problemas que a Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH) apresentou foram com menos de 40 horas de operação e com certeza, vários ajustes poderiam ter sido feitos se esse tempo de operação tivesse sido exigido para o comissionamento da PPH.

A situação tornou-se complicada com a falência da empresa que vendeu o Sistema de Produção, Purificação, Compressão e Armazenamento de Hidrogênio, o que gerou um momento de muita incerteza, já que a equipe técnica do Núcleo de Pesquisas em Hidrogênio (NUPHI) não tinha todos os conhecimentos necessários para fazer a manutenção do mesmo naquele momento. Neste aspecto, a decisão da Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) foi então de investir na formação de Recursos Humanos próprios, trazendo alguns outros pesquisadores com formação necessária para fazer a devida manutenção corretiva. Isso gerou o acúmulo de conhecimento imensurável para a equipe técnica do Núcleo de Pesquisas em Hidrogênio (NUPHI), elevando seu patamar de reconhecimento na comunidade técnico-científica que atua no segmento do Hidrogênio.

Nesse aspecto, os Recursos Humanos e o perfil técnico necessário foram os aspectos fundamentais para o sucesso do projeto. É importante mencionar que muitos membros da equipe possuíam experiência técnica adquirida em grandes empresas, com trabalho realizado diretamente em máquinas e equipamentos de grande porte. A participação de professores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), da Universidade de Integração Latino-Americana (UNILA), da Universidade do Oeste do Paraná – *Campus* Foz do Iguaçu (UNIOESTE) e da Universidade Federal do Paraná – *Campus* Palotina (UFPR), auxiliou na consolidação de parcerias técnicas fundamentais para que os desafios fossem superados. Isso propiciou a geração de uma grande competência técnica nas Universidades da região do Oeste do Paraná, que culminou na realização do I Simpósio Paranaense de Hidrogênio, o qual foi realizado no campus de Palotina da UFPR em abril de 2017. Também existe um laboratório compartilhado na própria Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), onde várias atividades de pesquisa estão sendo realizadas pelos Professores e Pesquisadores dessas Universidades, gerando conhecimento e publicações importantes.

Na Figura 2 estão mostradas fotos da Planta de Produção de Hidrogênio (PPH) com os equipamentos instalados do Sistema de Produção, Purificação, Compressão e Armazenamento de hidrogênio, além da célula a combustível (CaC) tipo PEM, de 6 kW.

Figura 2: Fotos dos equipamentos instalados na Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH)

		
Gabinete de controle do transformador de energia de 380 V	Gabinete de controle do compressor Sera	Gabinete de controle do transformador de energia de 220 V
		
Gabinete de controle do eletrolisador	Central de controle para detecção de vazamento de Hidrogênio	Eletrolisador H2Nitidor
		
Sistema para desmineralização de água	Sistema para resfriamento de água	Compressor para Hidrogênio - Marca Sera
		
Transformadores de energia de 220V e 380V	Buffer e cilindros para armazenamento do Hidrogênio produzido	Visão geral da Planta de Produção de Hidrogênio - PPH
		
	Célula a combustível de 6 kW tipo PEM Mfield	

Fonte: Próprios autores, 2017.

### 3 CONCLUSÃO

Quanto às questões técnicas, é importante constatar que a operação da Planta de Produção de Hidrogênio (PPH) é funcional. Todos os equipamentos funcionam com alto grau de automatização. Caso algum parâmetro de funcionamento não esteja correto, o eletrolisador não inicia a produção de hidrogênio até que o mesmo seja ajustado. Está sendo feito o levantamento de todas as peças internas de todos os componentes do eletrolisador e dos equipamentos e acessórios, além da célula a combustível. Os dados técnicos obtidos até o momento demonstram que estão próximos dos especificados. A equipe técnica do Núcleo de Pesquisas em Hidrogênio (NUPHI) desenvolveu técnicas próprias de manutenção corretiva, conseguindo obter total domínio do funcionamento da Planta Piloto de Produção de Hidrogênio (PPH).

Já quanto à gestão do projeto de desenvolvimento tecnológico, algumas reflexões podem ser feitas, principalmente com relação ao perfil dos Recursos Humanos necessários para executar esse tipo de projeto. A falência da empresa fornecedora do Sistema de Produção, Purificação, Compressão e Armazenamento de Hidrogênio desafiou a equipe técnica do NUPHI a estudar todo esse sistema e, principalmente, estabelecer procedimentos técnicos de manutenção que permitiram o completo domínio desses processos internamente. Contudo, conforme salientado, muito do conhecimento necessário para superar esse desafio, por parte da equipe técnica envolvida, foi oriunda de experiência de trabalho em grandes empresas, e não de conhecimentos adquiridos na Academia.

Assim, como se sabe, é nas empresas que os problemas ocorrem e, portanto, onde as inovações tecnológicas são necessárias. Sendo assim, fica uma pergunta para reflexão: até que ponto os atuais programas de Pós-Graduação do Brasil estão formando profissionais com o perfil adequado para trabalharem no setor produtivo? O próprio CNPq tem programas que estimulam a contratação de Doutores nas empresas, como o Programa RHAÉ, mas com resultados ainda pouco significativos. As empresas no Brasil, por outro lado, tem certa aversão na contratação desse tipo de profissional, até porque o número de empresas inovadoras no Brasil ainda é pequeno quando comparado à outros Países industrializados e desenvolvidos economicamente. Obviamente que existem Universidades Brasileiras consagradas que já trabalham muito com empresas, mas empresas instaladas no Brasil com Centros de Pesquisa e Desenvolvimento próprios são ainda poucas. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) tem vários programas que estimulam Doutores a

atuar como empreendedores e tem investido muitos recursos em financiamento desse tipo de projeto e talvez seja um bom modelo a ser seguido em outros Estados.

#### **4 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a colaboração efetiva de professores da UFSCar (em especial Prof. Dr. Carlos Ventura D'Alkaine no processo de revitalização da Planta Piloto de Produção de Hidrogênio), da UNILA, da UNIOESTE e da UFPR – *Campus Palotina* (UFPR); à Itaipu Binacional, à Eletrobras e à Fundação Parque Tecnológico Itaipu, pelo apoio financeiro e técnico.

#### **REFERÊNCIAS**

- ABIPTI - Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica. (s.d.). Recuperado em 10 abril, 2017 de: [www.abipti.org.br](http://www.abipti.org.br).
- Barthélémy, H. (2012). Hydrogen storage–Industrial perspectives. *International journal of hydrogen energy*, 37(22), 17364-17372.
- Bhalla, S. K. (1987). *The effective management of technology: a challenge for corporations*. New York: Battelle Press.
- Bueno, A. F., & Brandão, C. A. (s.d.). *Visão geral de tecnologia e mercado para os sistemas de armazenamento de energia elétrica no Brasil*. ABAQUE. Recuperado em 5 de outubro de 2016 de [www.abaque.com.br](http://www.abaque.com.br).
- Cavalcante, F. R. (Maio de 2007). Aplicação e Adaptação de Práticas de Gerência de Projetos para Instituições de Pesquisa. 3-10. RBGP.
- Crabtree, G. W., Dresselhaus, M. S., & Buchanan, M. V. (2004). *The Hydrogen Economy*. 39-45.
- Curtin, S., & Gangi, J. (2015). *The Business Case for Fuel Cells 2015: Powering Corporate Sustainability*. Fuel Cell and Hydrogen Energy Association, Washington, D. C.
- Daft, R. L. (2002). *Organizações – Teoria e Projetos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Fundação Parque Tecnológico de Itaipu - FPTI. (2015). *Produção de Hidrogênio na Usina Hidrelétrica de Itaipu em Escala Piloto e Utilização em Célula a Combustível*. Relatório Final de Acompanhamento Físico - RAF, Foz do Iguaçu.
- Giudic, F. A. (2008). *Feasibility study of hydrogen production using electrolysis and wind power in Patagonia, Argentina*. Florida: University of Florida.

- Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A., & Efthimiou, V. (2009). Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1513–1522.
- IPHE-International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy. (2016). Utsira Wind Power and Hydrogen Plant. *International journal of hydrogen energy* (34), 615 – 627.
- Kerzner, H. (2002). *Gestão de Projetos - as Melhores Práticas*. (A. V. Borges, M. Klippel, & G. S. Borba, Trads.) Porto Alegre, RS.
- Kerzner, H. (2005a). *Entrevista Exclusiva Dr. Harold Kerzner*. Editora Mundo, n.3, 52-57.
- Kerzner, H. (2005b). *Using the Project Management Maturity Model: Strategic Planning for Project Management* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons Inc.
- Lorenzi, B. R., & Andrade, T. H. (s.d.). *Redes Sócio-Técnicas: As Pesquisas em Células a Combustível no Brasil*. II Semana de Pós-graduação em Ciência Política. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2000). *Project management: a managerial approach* (4ta ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Mohammed, O. H., Amirat, Y., Benbouzid, M., Feld, G., Tang, T., & Elbast, A. (2014). Optimal Design of a Stand-Alone Hybrid PV/Fuel Cell Power System for the City of Brest in France. *International Journal on Energy Conversion*, 2(1), 1-7.
- Nicolisky, R. (2016). *Agenda de Crescimento para o Brasil*. XIV ENITEC – Encontro Nacional da Inovação Tecnológica. Rio de Janeiro.
- Pacheco, C. A., & Cruz, C. H. (2005). Instrumentos Para o Desenvolvimento - Desafios para C&T e inovação em São Paulo. *São Paulo em Perspectiva*, 19(1), 3-24.
- Pize, A. (s.d.). *O Papel do Gerenciamento de Projetos no Sucesso do Planejamento Estratégico da Organização*. Acesso em 10 de abril de [www.excellencegestao.com.br](http://www.excellencegestao.com.br).
- Prado, D. (2003). *Gerenciamento de Projetos nas Organizações* (2da ed.). Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Sapienza, A. M. (1995). *Managing Scientists*. Wiley.
- Skrobot, C. L. (2005). *Estudo de caso de duas Instituições Tecnológicas em relação a Gestão Institucional de Projetos de P&D*. São Carlos.