

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABRÍSIO MELO DOS SANTOS

PROPOSTA DE GERAÇÃO RENOVÁVEL DESCENTRALIZADA PARA OBTENÇÃO
DE HIDROGÊNIO VERDE ATRAVÉS DE TURBINA DE CORRENTEZA TIPO
BULBO

CURITIBA
2025

FABRÍSIO MELO DOS SANTOS

PROPOSTA DE GERAÇÃO RENOVÁVEL DESCENTRALIZADA PARA OBTENÇÃO
DE HIDROGÊNIO VERDE ATRAVÉS DE TURBINA DE CORRENTEZA TIPO
BULBO

Artigo apresentado como requisito à obtenção
do título de Especialista para o curso de Pós-
Graduação: MBA em Gestão Estratégica em
Energias Naturais Renováveis da Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Romani

CURITIBA
2025

RESUMO

Este artigo tem por objetivo apresentar e discutir uma solução alternativa para geração de energia elétrica renovável de forma descentralizada a partir de micro ou mini instalações com turbinas de correnteza tipo bulbo onde o avanço tecnológico para a utilização deste tipo de turbina e consequente disponibilização do hidrogênio verde (H_2V) como fonte combustível, insumo e matéria prima para diversas aplicações, considerando a obtenção deste pelo processo de eletrólise da água. Esta abordagem tem por fundamento uma fonte de energia renovável abundante no Brasil, a hidráulica, e apresenta uma proposta que reduz os impactos ambientais e sociais que possam ser causados por grandes áreas alagadas (característica muito sensível na implantação de usinas hidráulicas), grandes áreas cobertas por painéis solares ou poluição visual e sonora no caso dos geradores eólicos, bem como a utilização de áreas já antropizadas para o alcance deste objetivo. Mesmo neste modelo local, Brasil, não é impeditivo que esta solução pela aplicação de turbinas de correnteza não possa ser utilizada em outros locais do mundo devendo, claro, ter sua disposição tecnológica adequada a cada característica do local de instalação. Este artigo foi desenvolvido a partir da ideia central onde, a partir de uma geração descentralizada de baixo impacto ambiental originária de fonte hídrica (renovável), a obtenção de H_2V também possa ser descentralizada minimizando riscos de transporte ou grandes armazenamentos, por exemplo, bem como permitindo sua disponibilização para suas diversas aplicações.

Palavras-chave: descentralização de geração de energia elétrica; hidrogênio verde; energia renovável; otimização de arranjo energético; turbina de correnteza; turbina tipo bulbo; impacto ambiental

ABSTRACT

This article aims to present and discuss an alternative solution for generating renewable electrical energy in a decentralized manner from micro or mini installations with bulb-type current turbines, where technological advances for the use of this type of turbine and the consequent availability of green hydrogen (H₂V) as a fuel source, input and raw material for various applications, considering the production of this through the water electrolysis process. This approach is based on a renewable energy source that is abundant in Brazil, hydraulic energy, and presents a proposal that reduces the environmental and social impacts that may be caused by large flooded areas (a very sensitive characteristic in the implementation of hydraulic plants), large areas covered by solar panels or visual and noise pollution in the case of wind generators, as well as the use of areas already anthropized to achieve this objective. Even in this local model, Brazil, it is not an impediment that this solution using current turbines cannot be used in other places in the world, and of course, its technological arrangement must be appropriate to each characteristic of the installation site. This article was developed based on the central idea that, from a decentralized generation with low environmental impact originating from a water source (renewable), the production of H₂V can also be decentralized, minimizing transportation risks or large storage, for example, as well as allowing its availability for its various applications.

Keywords: decentralization of electricity generation; green hydrogen; renewable energy; energy arrangement optimization; current turbine; bulb turbine; environmental impact

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL	7
FIGURA 2 – MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	8
FIGURA 3 – FUNCIONAMENTO SIMPLIFICADO DE UM VEÍCULO A HIDROGÊNIO	8
FIGURA 4 – FLUXO DO H ₂ V	11
FIGURA 5 – COMPARATIVO DE MATRIZES ENERGÉTICAS	12
FIGURA 6 - EXEMPLO DE UMA CGH EM FUNCIONAMENTO.....	13
FIGURA 7 - EXEMPLO TÍPICO DE UMA CASA DE MÁQUINAS DE PCH OU CGH	14
FIGURA 8 - LOCALIZAÇÃO DA CGH GENEROSO	15
FIGURA 9 - CGH GENEROSO	15
FIGURA 10 - TURBOGERADOR StreamDiver®.....	17
FIGURA 11 - INSTALAÇÃO StreamDiver®	18
FIGURA 12 - CRITÉRIO OPERACIONAL StreamDiver®	18
FIGURA 13 - ARRANJO TÍPICO PARA TURBINA DE CORRENTEZA.....	19
FIGURA 14 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DE APLICAÇÕES.....	20
FIGURA 15 - CGH GENEROSO - MONTANTE.....	21
FIGURA 16 - CGH GENEROSO - JUSANTE.....	21
FIGURA 17 - DIMENSÕES À MONTANTE DA CGH GENEROSO	22
FIGURA 18 - EXEMPLO DE TOPOBATIMETRIA DO RIO CHOPIM.....	22
FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DE UMA TURBINA STREAMDIVER® INSTALADA (CÍRCULO VERMELHO).....	23
FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO DE 10 TURBINAS STREAMDIVER® INSTALADAS E CASA DE COMANDO E CONTROLE	24
FIGURA 21 - ANÁLISE SWOT	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPCH	Associação Brasileira de PCH e CGH
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BTU	<i>British Thermal Unit</i> , unidade térmica
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CO ₂	dióxido de carbono
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	gases de efeito estufa
H	hidrogênio
H ₂	gás hidrogênio
H ₂ V	hidrogênio verde
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
kJ/g	unidade térmica
kW	mil W
m	metro
m ³ /s	vazão
mm	milímetro
MW	um milhão de W
O ₂	gás oxigênio
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
SIN	Sistema Integrado Nacional
SWOT	<i>Strenghts, Weaknesses, Opportunities e Threats</i> , ou Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (tradução direta)
UHE	Usina Hidrelétrica
UnB	Universidade de Brasília
W	Watt

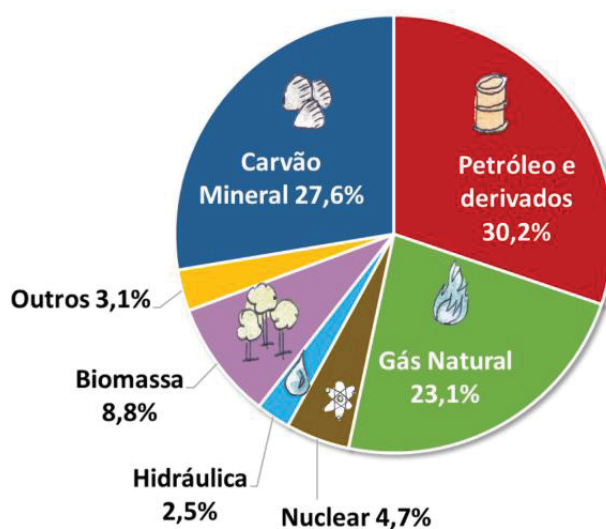
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. OBJETIVO DO ARTIGO.....	9
1.2. ESTRUTURAÇÃO DO ARTIGO.....	9
2. POR QUE O HIDROGÊNIO COMO FONTE DE ENERGIA?	10
3. A PRODUÇÃO VERDE.....	11
4. OTIMIZAÇÃO DE ARRANJOS ENERGÉTICOS.....	12
5. PROPOSTA DE ROTA TECNOLÓGICA.....	13
6. MICROGERAÇÃO TURBINAS DE CORRENTEZA/BULBO	16
6.1. APLICAÇÕES	19
7. ESTUDO PRELIMINAR DE APLICAÇÃO	20
7.1. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE H ₂ V	24
8. ANÁLISE SWOT	25
9. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS.....	27
ANEXO I – APLICAÇÃO EM NUSSDORF, VIENA (ÁUSTRIA).....	30

1. INTRODUÇÃO

O papel da descarbonização da matriz energética mundial (FIGURA 1) é mais do que necessário frente a tantos alertas ambientais por conta do crescente consumo de bens e, diretamente para produzi-los, de energia elétrica e da emissão de GEE, vislumbra-se um mundo menos dependente de combustíveis fósseis com consequente nível de emissão de CO₂ (MAIA, 2023).

FIGURA 1 - MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

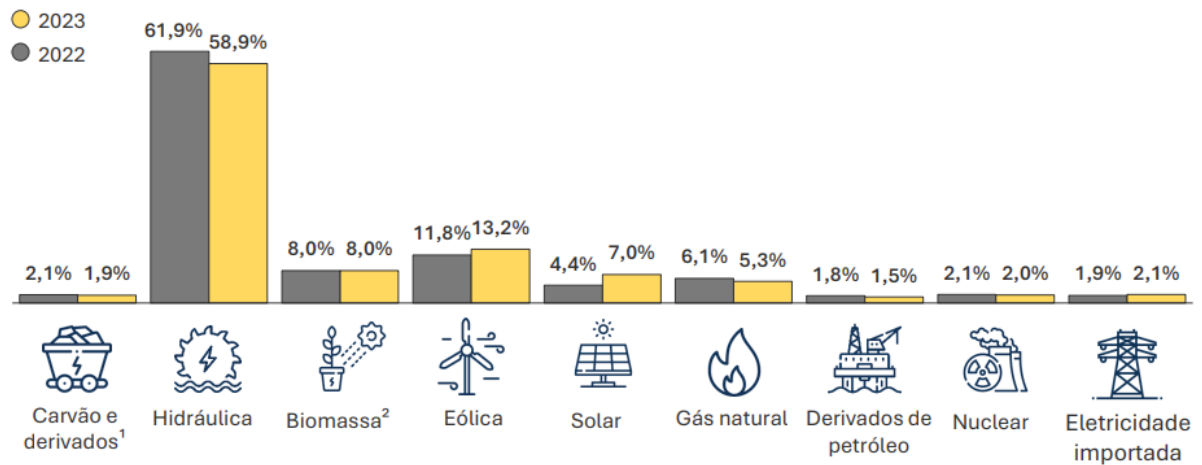


FONTE: BRASIL (2022)

Nesse sentido, e tratando-se diretamente às energias renováveis, há o crescente desenvolvimento para que o hidrogênio se torne o protagonista deste cenário em utilizações diversas como, por exemplo, células de combustível ou mesmo como fonte direta e alternativa na geração de energia elétrica onde, a médio prazo, poderá reajustar a matriz energética avançando no campo de fonte de energia tal e qual – décadas atrás – as fontes eólica e solar se destacaram como fontes de energias renováveis com baixo impacto ambiental.

Em países contendo características geográficas semelhantes às do Brasil, onde já há um grande potencial para a geração de energias renováveis (FIGURA 2) serão também, e se tiverem o devido cuidado e planejamento, os grandes produtores mundiais do denominado “hidrogênio verde” (ou simplesmente H₂V).

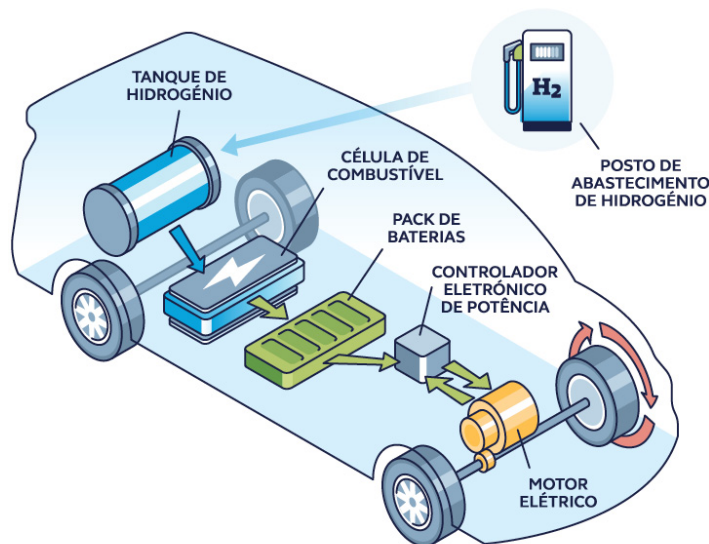
FIGURA 2 – MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA



FONTE: EPE (2023)

Na velocidade do desenvolvimento de tecnologias capazes de utilizar o hidrogênio como fonte alternativa e segura na geração, irão de encontro as atuais configurações de motores (FIGURA 3) que deverão ter sua concepção e filosofia de construção rearranjadas para que este novo combustível seja tratado de forma escalar, acessível e segura.

FIGURA 3 – FUNCIONAMENTO SIMPLIFICADO DE UM VEÍCULO A HIDROGÊNIO



FONTE: AUTOMÓVEL CLUB DE PORTUGAL (2023).

Novas implicações em diversos níveis (sociais, empresariais e governamentais) também deverão ser ajustados e a evolução é necessária, bem como a adaptação da forma como hoje a energia elétrica possa ser obtida.

Entretanto, para a obtenção do H₂V este deve ser originário a partir de uma fonte de energia renovável seja eólica, solar, biomassa ou hidráulica. Neste caso, e retornando à FIGURA 2, o Brasil possui grande vantagem porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas (BRASIL, 2022).

1.1. OBJETIVO DO ARTIGO

Dentro deste contexto em que há abundância de fonte hidráulica no Brasil, e com vistas à redução de impactos ambientais para a obtenção do H₂V, será apresentada neste artigo uma alternativa à tradicional fonte primária de geração de energia (hidráulica) onde um dos grandes obstáculos ambientais, o barramento dos cursos de água, será retirado da equação da geração da energia elétrica.

O principal ponto será a descentralização da geração num aprimoramento em grande escala na instalação do que outrora foi denominado CGHs¹ a partir da utilização da tecnologia de turbina de correnteza tipo bulbo.

1.2. ESTRUTURAÇÃO DO ARTIGO

Buscando embasamento sucinto em referência à futura representatividade do H₂V na matriz energética, os capítulos 2 e 3 apresentam as características e importância deste elemento hidrogênio (H).

Os capítulos 4 e 5 demonstram que um arranjo ou uma otimização da matriz energética é viável de forma que o H₂V possa ser obtido dentro de suas características especificações e enquadramentos como, no caso do Brasil, do Marco Legal do Hidrogênio, Lei Nº 14.948, de 2 de agosto de 2024.

Os capítulos 6 e 7 apresentam a tecnologia de turbina de correnteza tipo bulbo e a experiência europeia no desenvolvimento desta tecnologia, bem como uma aplicação teórica desta tecnologia comparando a uma instalação real brasileira.

Complementarmente, o capítulo 7 também apresenta uma estimativa de produção de H₂V, calculada simplificadamente a partir de determinadas premissas.

Finalizam este artigo os capítulos 8 e 9 com uma análise SWOT e apresentação das conclusões uma vez que as características e dificuldades da proposta há de

¹ Resolução Normativa ANEEL nº 875/2020: Art. 4º Os aproveitamentos hidrelétricos enquadrados como Central Geradora Hidrelétrica... ..aqueles cuja potência seja igual ou inferior a 5.000 kW

serem demonstradas considerando a implementação desta tecnologia como alternativa para a obtenção do H₂V.

2. POR QUE O HIDROGÊNIO COMO FONTE DE ENERGIA?

O hidrogênio é o elemento químico mais simples que há, porém possui o maior conteúdo energético que qualquer combustível conhecido, em peso², e tem aplicações tanto na geração de energia elétrica quanto térmica.

Por ser virtualmente uma fonte renovável de energia o hidrogênio está sendo estudado em todo o mundo não somente por seu viés ecológico, mas também por questões econômicas uma vez que poderá alterar drástica e totalmente a matriz energética do planeta.

Apesar de abundante, o hidrogênio é um elemento que não se encontra livremente na natureza ou por estar nas camadas superiores da atmosfera em forma de gás (H₂) ou por estar presente em diversas moléculas, dentre elas, a da água.

Considerando a necessidade global de redução de emissões de carbono na atmosfera (descarbonização), objetivando uma melhoria climática ao planeta, questões como substituição de combustíveis fósseis têm sido discutidas ao longo de décadas. Infelizmente sem muito sucesso uma vez que, economicamente, os combustíveis fósseis ainda possuem um atrativo superior pois ainda é possível sua obtenção a valores relativamente baixos.

O hidrogênio poderá ser, desta forma e atualmente, uma alternativa à aplicação direta como células de combustível a estes combustíveis fósseis sendo fonte de energia para os veículos elétricos substituindo, gradativamente, os motores a explosão.

Uma barreira atual é a obtenção do hidrogênio de forma sustentável uma vez que sua produção provém basicamente do gás natural, ou seja, é obtido como um subproduto do refino do petróleo (processo de reforma a vapor que resulta em emissões de GEE).

Outro método é a partir da eletrólise da água separando as moléculas de hidrogênio e de oxigênio, porém, se a energia elétrica utilizada neste método não for renovável (hidrelétrica, eólica ou solar, por exemplo), a sustentabilidade não ocorre

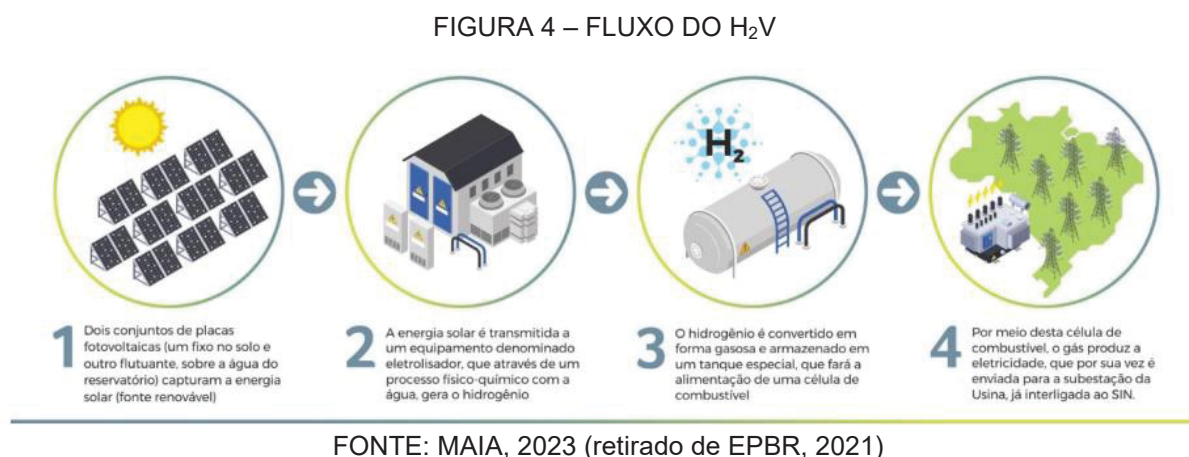
² 52.000 BTUs (British Thermal Units) por libra, ou 120,7 kJ/g, cerca de três vezes mais calor que o petróleo estando em seu estado líquido

uma vez que grande parte da matriz energética mundial está fundamentada em fontes não renováveis (FIGURA 5).

3. A PRODUÇÃO VERDE

De acordo com a Lei Nº 14.948 (BRASIL, 2024), o denominado hidrogênio verde (H_2V) é o hidrogênio produzido por eletrólise da água, utilizando fontes de energia renováveis.

A FIGURA 4 sintetiza fluxo de obtenção do H_2V e o Brasil, por possuir uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, também possui o maior potencial na produção de hidrogênio com baixíssimas taxas de emissão de CO_2 .



Diferente do exemplo apresentado na FIGURA 4 onde a fonte de eletricidade renovável para a obtenção do H_2V está fundamentada em fonte solar, o Brasil possui enorme potencial hidráulico com rios perenes, onde há dados de vazões observados por longo período, que podem se tornar grande fonte constante e alternativa para a produção deste H_2V .

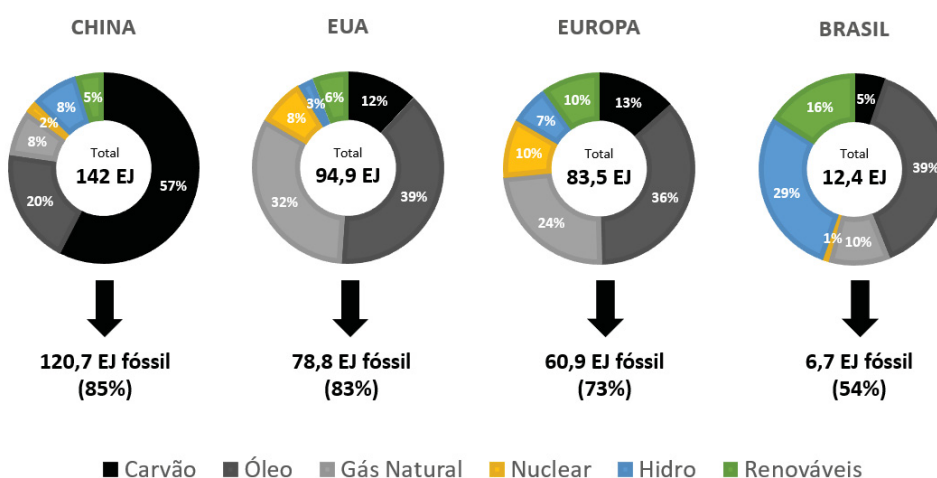
O modelo a ser proposto adiante tem por fundamento o entrelaçamento de tecnologias já disponíveis e que, a partir de um arranjo otimizado, poderá ser aplicada na descentralização da obtenção de hidrogênio para seus diversos fins.

Neste caso específico como descentralizador na oferta de combustível para veículos com células que transformem este elemento químico em energia elétrica ou mesmo somente na obtenção de H_2V para seus diversos fins.

4. OTIMIZAÇÃO DE ARRANJOS ENERGÉTICOS

O Brasil possui uma das maiores ofertas de geração hídrica do mundo com uma matriz energética das mais limpas e, mesmo assim, ainda possui necessidades de redução de sua dependência de combustíveis fósseis, apesar desta dependência ser menor do que outros países tais como China, EUA ou o continente Europeu (FIGURA 5).

FIGURA 5 – COMPARATIVO DE MATRIZES ENERGÉTICAS



FONTE: Adaptação de dados da BP Statistical Review, 2021

Não é raro encontrarmos até mesmo em regiões como a do nordeste brasileiro, por exemplo, condições hídricas perenes que possuem alto potencial para geração de energia elétrica.

É sabida a dificuldade em obtenção de licenças ambientais para a instalação de PCHs³ que, conforme a ABRAPCH, mais de 70% das áreas de PCHs e CGHs, em média, são de proteção ambiental.

No Brasil, e por motivos os quais passam, entre outras razões, por questões meramente ideológicas ou de baixo entendimento na instalação e benefício de tal fonte renovável, os empecilhos para instalação de usinas de grande porte – UHEs⁴ – ou de PCHs são enormes desafios ao empreendedor mesmo com condicionantes ambientais como, por exemplo, sendo necessária a criação de um *corredor ecológico*

³ Resolução Normativa ANEEL nº 875/2020: Art. 5º Aproveitamentos hidrelétricos com potência instalada superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW

⁴ Resolução Normativa ANEEL nº 875/2020: Art. 6º Aproveitamentos hidrelétricos com potência instalada superior a 30.000 kW

no perímetro do lago formado com, no mínimo, 100m de largura, conforme Resolução Conama nº 9, de 24 de outubro de 1996, Art. 3º, bem como o monitoramento permanente de flora e fauna e manejos arqueológico e socioambientais determinados pelos órgãos ambientais estaduais ou pelo IBAMA.

A questão é: como tornar viável técnica e economicamente uma descentralização de geração de energia elétrica a partir de núcleos de mini ou micro geradores capazes de suprir plantas de geração de H₂V com baixo impacto ambiental?

5. PROPOSTA DE ROTA TECNOLÓGICA

Menos impactantes seriam as CGHs (FIGURAs 6 e 7) pois necessitam tão somente de serem informadas de sua instalação e operação, pelo empreendedor, à ANEEL, ou seja, regulatoriamente são de instalação simplificada, por serem admitidas menores exigências ambientais, por possuir pequena estrutura mimetizam-se aos locais de instalação e possuem custo de implantação relativamente baixo.

FIGURA 6 - EXEMPLO DE UMA CGH EM FUNCIONAMENTO

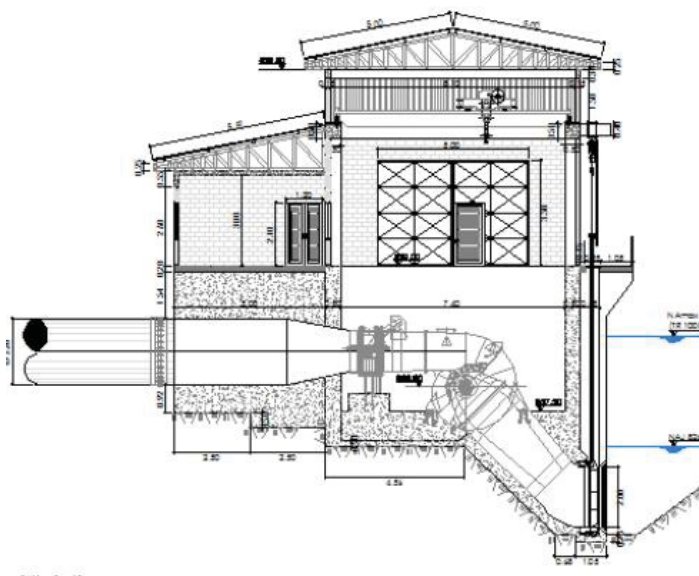


FONTE: ABRAPCH.

Geralmente as CGHs aproveitam uma queda d'água natural existente no local de instalação necessitando de um pequeno desvio no curso de água para uma

tradicional casa de máquinas (ou casa de força) onde o conjunto turbogerador de pequena capacidade proveria de energia elétrica a rede local e ao SIN, melhorando a integração dos recursos de geração e transmissão, e cuja coordenação e controle de operação do sistema elétrico brasileiro é responsabilidade do ONS.

FIGURA 7 - EXEMPLO TÍPICO DE UMA CASA DE MÁQUINAS DE PCH OU CGH



FONTE: Acervo do autor (2024).

Entretanto, e assim como as PCHs, as CGHs também necessitam de um dispositivo que estabilize o fluxo de água, ou seja, mesmo em escala reduzida, necessita de uma barragem para que seja criada a superfície retificada do fluxo de água de forma que a diferença de potencial hidráulico resulte em energia suficiente para girar o rotor de uma turbina e esta, por sua vez, transfira a energia mecânica ao gerador elétrico.

Entretanto as CGHs não possuem a característica de barrar totalmente um fluxo de água e utilizam parte de todo seu potencial.

Como exemplo cito a CGH Generoso⁵, FIGURAs 8 e 9, instalada numa queda d'água do Rio Chopim, no município de Cruzeiro do Iguaçu-PR, que possui queda de 8,5m, vazão turbinada de 41,15 m³/s e potência instalada de 3,00 MW e contendo uma turbina tipo Kaplan S⁶.

⁵ <https://www.riochopimenergia.com.br>

⁶ Turbinas tipo Kaplan são utilizadas em arranjos que possuem baixa queda, porém com alto ou constante fluxo de água

FIGURA 8 - LOCALIZAÇÃO DA CGH GENEROSO



FONTE: Google Earth (2024)

FIGURA 9 - CGH GENEROSO



FONTE: DV Drones Produções (2017)

É visualmente notório que todo o potencial deste fluxo de água não é aproveitado por esta CGH.

Neste mesmo rio há estudos de diversas PCHs as quais possuem impedimentos ambientais que se arrastam por mais de uma década e, dentre estes aproveitamentos cito a PCH Salto Alemã, que possui projeto com capacidade

instalada de 29,8MW e, durante os estudos hidrológicos⁷, identificou-se uma Vazão Média de Longo Termo (QML)⁸ entre 87,4 e 101,66m³/s.

Ou seja, em uma análise comparativa entre os dois projetos, a CGH Generoso utiliza quase a metade do potencial do rio para gerar apenas 3MW, com uma estrutura de desvio e casa de força dentro do rio em sua margem esquerda onde, a princípio, deveria ser mantida uma largura de pelo menos 30m de manutenção de mata ciliar.

Considerando o potencial hidráulico deste rio como exemplo, e extrapolando para cursos maiores cujas margens mais planas não permitiriam a construção de uma barragem sem a criação de enormes lagos artificiais impactando fortemente seu entorno, ambiental e socialmente falando, e criando uma barreira artificial à fauna íctica, por que não a criação de estruturas dentro do leito dos rios e aproveitar tão somente a vazão que passa por eles?

6. MICROGERAÇÃO TURBINAS DE CORRENTEZA/BULBO

Há uma tecnologia até então sem aplicação no Brasil que se refere ao que se pode denominar turbinas de correnteza ou microturbinas bulbo (FIGURA 10) cuja composição do conjunto turbogerador é em escala reduzida e de aplicação compacta.

Basicamente são pequenas composições blindadas do conjunto turbogerador que aproveitam o volume de água dos fluxos hídricos para a geração de energia sendo instaladas *dentro* do próprio rio.

A descrição deste tipo de turbina foi publicada pela primeira vez, no Brasil, pela UnB em 2003 como uma proposta de implementar soluções alternativas para o uso eficiente de energia elétrica em regiões onde esse bem é escasso ou inexistente, mas a ideia de turbinas de correnteza remonta o início da década de 1990 (BOYAYAN, 2003).

Não houve o desenvolvimento brasileiro desta tecnologia, porém, na Europa, frente a necessidades de incremento (modernização ou disponibilização) na geração de energia elétrica sem danificar estruturas seculares existentes acelerou o desenvolvimento deste tipo de equipamento (Anexo I).

⁷ <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ndsp20171019.pdf>

⁸ Representa a vazão média das vazões mensais médias observadas em um curso d'água. O tempo de observação abrange, não raro, décadas de medições.

Em franco desenvolvimento e aplicações deste tipo de conjunto turbogerador, destacam-se duas fabricantes: a austríaca Andritz, antiga VA Tech Hydro, e a germânica Voith.

FIGURA 10 - TURBOGERADOR StreamDiver®

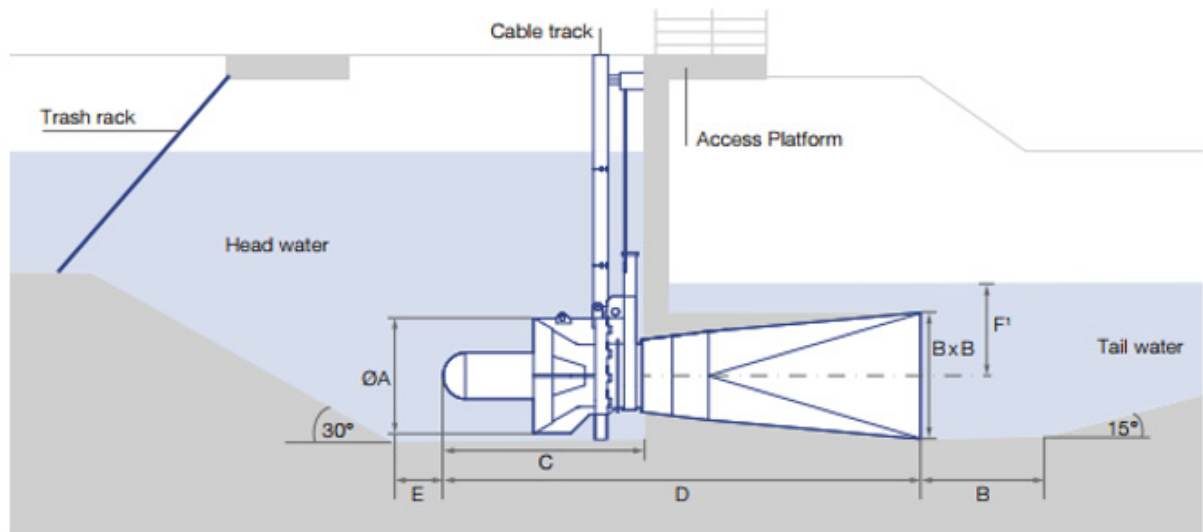


FONTE: Voith

As dimensões deste tipo de equipamento são reduzidas (FIGURA 10) em se comparando com as instalações convencionais (uma casa de força, por exemplo, que abriga o conjunto turbogerador, deve ter dimensão tal que supere uma cheia máxima o que, no caso das turbinas de correnteza não se aplica, pois, elas estão submersas e sua estrutura de controle pode ser erguida à distância da margem do rio e além da cota de alagamento).

A FIGURA 11 demonstra esquematicamente um modelo onde se nota a escala reduzida, dimensões em mm, de aplicação de um sistema de turbina de correnteza.

FIGURA 11 - INSTALAÇÃO StreamDiver®

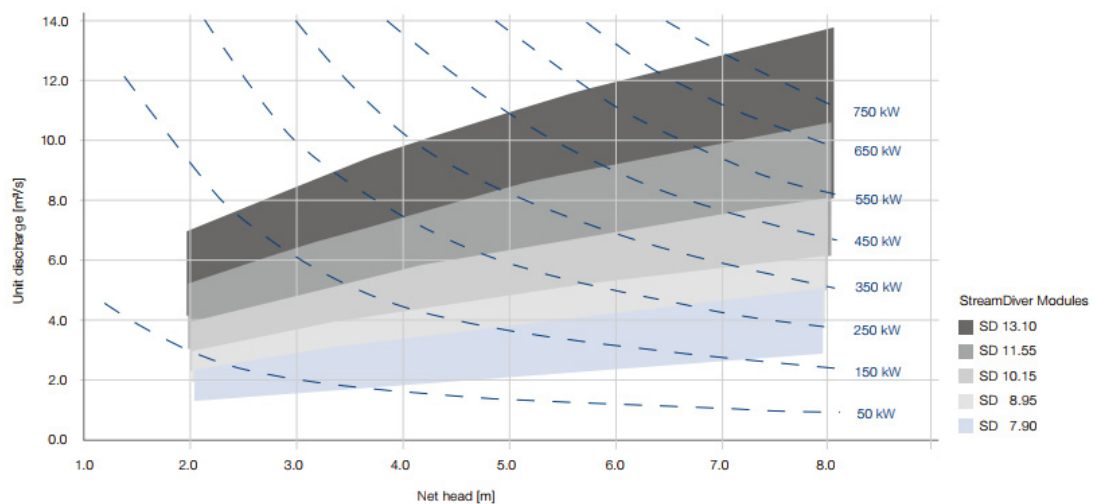


	ØA	B	C	D	E
SD Module	mm	mm	mm	mm	mm
SD 7.9	1380	1580	2500	6000	600
SD 8.95	1560	1790	2750	6700	700
SD 10.15	1770	2030	3000	7600	800
SD 11.55	2020	2310	3400	8700	900
SD 13.10	2380	2620	3800	9900	1000

FONTE: Voith

Em termos de capacidade de geração (FIGURA 12), tal sistema foi projetado para uma vazão em relação à lâmina d'água (em inglês *net head*) relacionando diretamente ao dimensionamento do equipamento e sua necessidade de instalação.

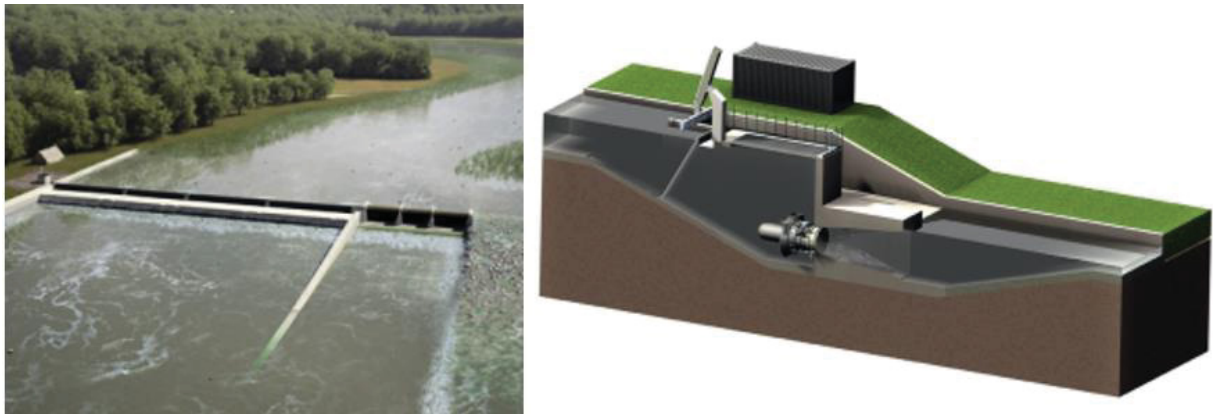
FIGURA 12 - CRITÉRIO OPERACIONAL StreamDiver®



FONTE: Voith

Nesta configuração a fabricante citada utiliza o modelo de instalação “margem-a-margem” (FIGURA 13) restringindo, mesmo que com menor impacto, o fluxo de água e a fauna íctica criando um remanso à montante da estrutura.

FIGURA 13 - ARRANJO TÍPICO PARA TURBINA DE CORRENTEZA



FONTE: Voith

Considerando o menor modelo neste sistema Voith StreamDiver®, SD 7.9, estima-se a obtenção de uma potência instalada de até 350kW a depender da lâmina d'água disponível.

6.1. APLICAÇÕES

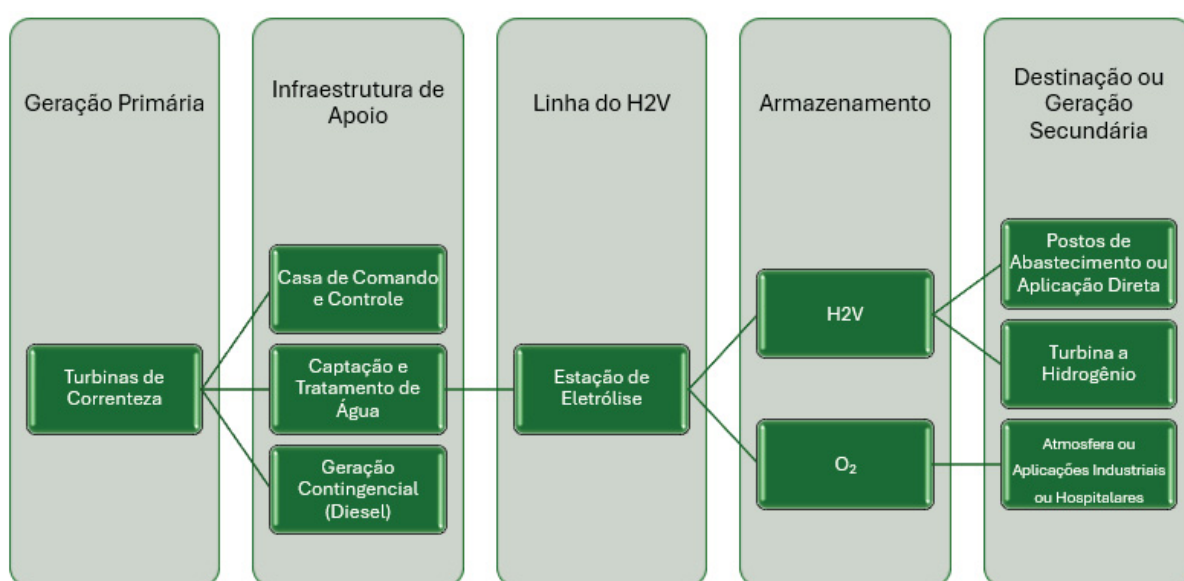
Sinteticamente a partir do que foi ao apresentado até o momento, é necessária a consideração que a utilização de turbinas de correnteza traz as seguintes aplicações principais:

- É alternativa viável, renovável e de baixíssimo impacto ambiental para a produção de H₂V (através da eletrólise considerando o consumo de água do rio onde estarão instaladas) em escala reduzida e descentralizada ofertando, onde houver curso hídrico favorável, H₂ para utilização industrial ou para abastecer veículos com esta tecnologia evitando o transporte, por longas distâncias, deste combustível;
- O O₂ remanescente poderia retornar à atmosfera ou também ser armazenado para utilização em aplicações industriais ou hospitalares;
- A energia que não seria utilizada na eletrólise para a obtenção de H₂V poderia ser remanejada à rede local e compor estabilidade na oferta de energia elétrica em áreas onde estas unidades são implementadas; e

- O H_2 que, porventura, não seja disponibilizado para a utilização industrial ou para abastecer veículos, e considerando sua alta capacidade de conteúdo energético, poderá alimentar as futuras turbinas a hidrogênio⁹ ampliando a oferta de energia elétrica.

Desta forma foi possível desenvolver um fluxograma simplificado de suas aplicações conforme a FIGURA 14 onde uma linha de produção do H_2V foi criada a partir de fonte totalmente renovável.

FIGURA 14 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DE APLICAÇÕES



FONTE: O Autor (2024)

7. ESTUDO PRELIMINAR DE APLICAÇÃO

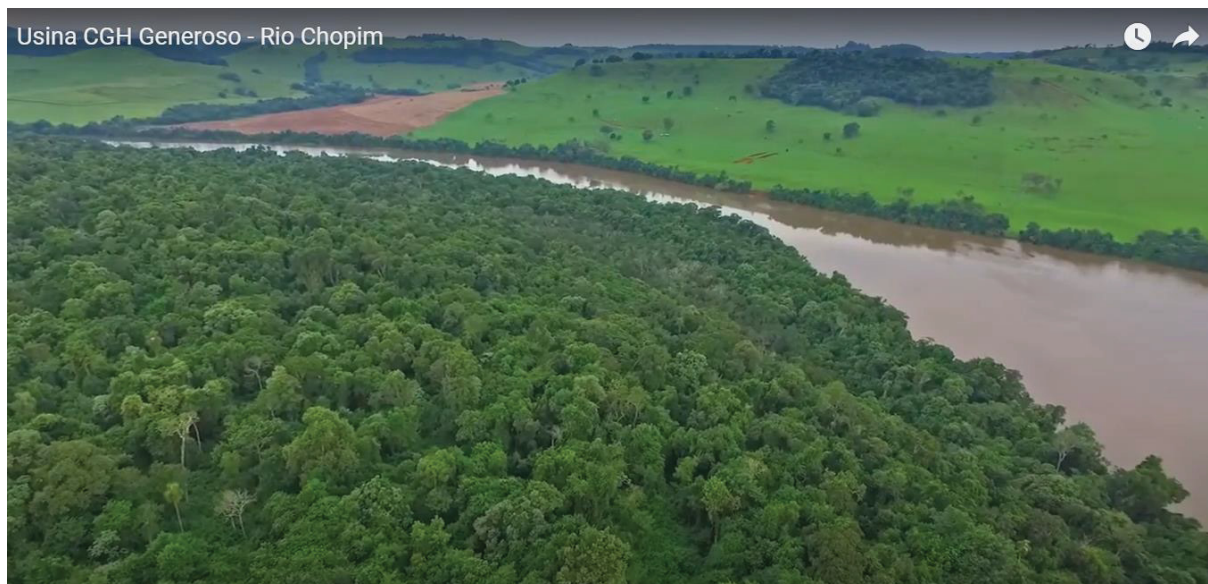
A proposta deste artigo é *não criar uma estrutura “margem-a-margem” e, sim,* unidades independentes ancoradas estruturalmente ao leito do rio, alinhadas ao seu fluxo d’água, e posicionadas de tal forma que não seja criado um remanso significativo ou mesmo perceptível, bem como instaladas de forma intercalada que permita a passagem do fluxo de água por entre as unidades.

Utilizando o local de implantação da citada CGH Generoso, como um exemplo que permita uma comparação, FIGURAs 15 e 16, e considerando os dados hidráulicos disponíveis, nota-se que a margem esquerda do Rio Chopim possui tão somente uma

⁹ <https://www.gevernova.com/gas-power/future-of-energy/hydrogen-fueled-gas-turbines>

mata ciliar e deixando, à sua margem direita, a presença exuberante da Floresta Ombrófila Mista¹⁰.

FIGURA 15 - CGH GENEROSO - MONTANTE



FONTE: DV Drones Produções (2017)

FIGURA 16 - CGH GENEROSO - JUSANTE

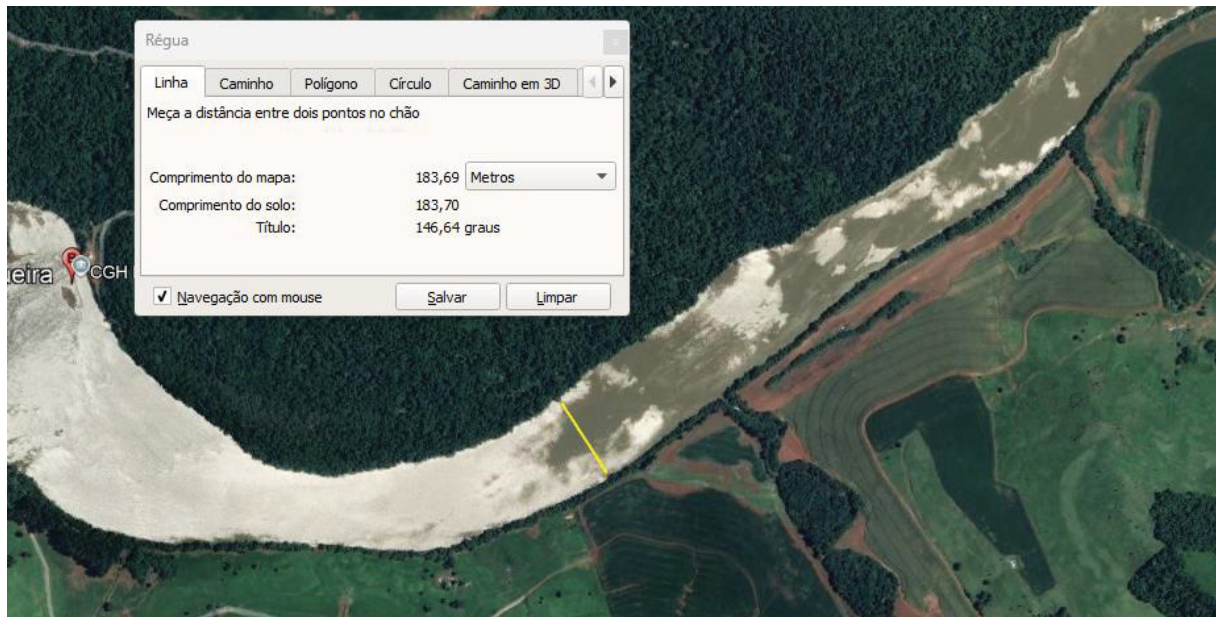


FONTE: DV Drones Produções (2017)

A cerca de 1.300m à montante da CGH Generoso o Rio Chopim é praticamente retificado e possui uma largura de aproximadamente 180m (FIGURA 17).

¹⁰ Caracteriza-se por mesclar elementos de duas floras distintas, a tropical afro-brasileira e a temperada austro-brasileira. EIA-RIMA PCH Salto Alemã, SOMA Serviços, Organização e Meio Ambiente Ltda.

FIGURA 17 - DIMENSÕES À MONTANTE DA CGH GENEROSO

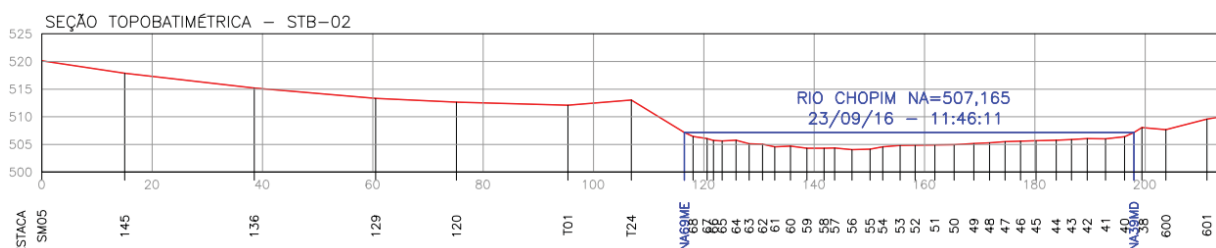


FONTE: Adaptação do Google Earth (2024)

Topobatimetricamente, e utilizando dados do estudo para a PCH Salto Alemã, FIGURA 18, o Rio Chopim possui uma lâmina d'água de aproximadamente 3,00m que poderia abrigar as estruturas para as turbinas de correnteza independentes.

A medição/verificação desta condição (FIGURA 18) foi realizada em época de estiagem, final do inverno início da primavera do ano de 2016, ou seja, esta seria uma hipótese ruim em se tratando de volume de água.

FIGURA 18 - EXEMPLO DE TOPOBATIMETRIA DO RIO CHOPIM



FONTE: Projeto Básico PCH Salto Alemã (2016). Acervo do autor.

De forma proporcional às dimensões deste rio, uma única estrutura individual de uma turbina de correnteza (6m de comprimento por Ø1,40m) tem sua projeção praticamente invisível considerando as dimensões da superfície da lâmina de água, ou mesmo seu leito (FIGURA 19).

FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DE UMA TURBINA STREAMDIVER® INSTALADA (CÍRCULO VERMELHO)



FONTE: Adaptação do Google Earth (2024)

Nesta mesma área proposta da FIGURA 20 demonstra uma instalação em escala proporcional às estruturas para esta geração (turbinas de correnteza e casa de comando e controle) e, considerando uma potência nominal por equipamento na ordem de 300kW, 10 unidades (alinhadas em vermelho na FIGURA 20) bastariam para atingir a potência da CGH Generoso sem a construção de canal de desvio ou dispositivo que mantenha a lâmina de água que garanta a queda necessária para a turbina convencional instalada (modelo Kaplan S).

A interligação das turbinas com a casa de comando deverá ser subterrânea (abaixo de 1,00m da superfície do solo, no mínimo) de tal forma que possíveis acidentes por arrancamento (passagens de grades aradoras, por exemplo).

A partir da casa de comando e controle (estrutura em amarelo na FIGURA 20) a energia elétrica gerada seguiria na forma convencional através de linhas de transmissão proporcionais à capacidade instalada.

FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO DE 10 TURBINAS STREAMDIVER® INSTALADAS E CASA DE COMANDO E CONTROLE



FONTE: Adaptação do Google Earth (2024)

7.1. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE H₂V

De forma simplificada e a partir desta alternativa de geração renovável de fonte hídrica, podemos calcular/estimar a produção de H₂V dentro de determinadas premissas, a saber:

Em plantas de eletrólise PEM¹¹

- 1MWh produz 16-18kg/h de H₂V
- Necessidade de 20 a 25L de água tratada para produzir 1kg de H₂V

Turbinas de correnteza tipo bulbo Voith StreamDiver®, SD 7.9

- Potência por turbina: 350kW
- Eficiência da turbina: 85%, correspondendo a 300kW por unidade
- 10 unidades correspondem a 3MW de potência instalada
- Taxa estimada de permanência operacional: 65%, correspondendo a 1,95MW médios e uma geração anual de 17.082,00MWh (1,95MW x 365dias x 24h)

Produção anual estimada de H₂V

- 17.082,00MWh x 0,017t/h = 290,39t H₂V

¹¹ PEM: *Proton Exchange Membrane* (Membrana de Eletrólito de Polímero)

Consumo anual de água tratada

$$- 22,5\text{L/kg}_{\text{H}_2\text{V}} \times 290.390\text{kg}_{\text{H}_2\text{V}} = 6.533.775\text{L} (6.533,78\text{m}^3 \text{ ou } 2,07\text{E-}4\text{m}^3/\text{s})$$

- Este dado de consumo é importante pois, conforme apresentado no Tópico 5, página 16, identificou-se uma Vazão Média de Longo Termo (QML) do Rio Chopim entre 87,4 e 101,66m³/s, ou seja, o consumo de água é irrisório frente à sua vazão natural.

8. ANÁLISE SWOT

O modelo proposto neste artigo apresenta um conceito que, com o correto desenvolvimento tecnológico e aplicação de investimentos, possui potencial capacidade de viabilidade técnica de implantação objetivando a disponibilidade de H₂V. Há um grande desafio para este modelo proposto frente à necessária atenção a todo o processo e interligação de fatores tais como tecnológicos, ambientais, regulatórios e viabilidade econômica onde, de forma a ponderar tais pontos, ficam mais bem explicitados nesta análise SWOT (FIGURA 21) criada especificamente para este tema.

FIGURA 21 - ANÁLISE SWOT

S W O T	+ Obtenção de H₂V a partir de energia elétrica de fonte renovável, sendo o próprio H₂V uma alternativa na geração de energia elétrica + Baixíssimo impacto ambiental (flora e fauna, destaque para a fauna íctica) + Baixíssimo impacto visual e área de instalação + Instalação em área antropizada + Desenvolvimento/fomento de tecnologias para utilização de H₂V em transporte individual ou de massa (célula de hidrogênio) ou de geração direta + Redução de uso de combustíveis fósseis – transição energética	Pontos fortes 
	- Integração de tecnologias de geração hidráulica para obtenção de H₂V, que requer análise técnico-financeira para implantação do modelo - Risco no armazenamento e/ou transporte do hidrogênio - Risco hidrológico por longo período de estiagem com redução do fluxo de água e consequente redução na geração de fonte renovável - Necessária purificação da água para a eletrólise - Atual custo no processo de eletrólise	Pontos fracos 
	+ Desenvolvimento de estudos acadêmicos e tecnológicos na criação de produtos que utilizem o hidrogênio como fonte principal de energia + Desenvolvimento com melhoria de desempenho eletromecânico nas turbinas de correnteza + Maior oferta de energia elétrica ou fonte propulsora + Geração de empregos (instalação, operação e manutenção destes sistemas) + Criação de mercado de componentes para estas instalações descentralizadas + Criação de mercado para produtos (veículos, por exemplo) que utilizem o H₂V como combustível	Oportunidades 
	- Atos regulatórios ou governamentais (barreiras institucionais, lobby de outras fontes ou taxações) - Manifestações contrárias à instalação de estruturas (turbinas de correnteza) dentro do leito dos rios - Manifestações contrárias ao armazenamento do hidrogênio frente ao seu alto teor energético e risco de explosão - Desinteresse da iniciativa privada em investimentos para o desenvolvimento de tecnologias que utilizem o hidrogênio como fonte de energia	Ameaças 

FONTE: O Autor (2024).

9. CONCLUSÕES

Como consideração final deste artigo, destaca-se que seu ponto crucial é a utilização em massa do hidrogênio como combustível através de sua obtenção a partir de fontes renováveis de energia elétrica, uma vez que esta é necessária para que o processo desta obtenção ocorra.

Também se destaca que sua matéria prima para obtenção deve se distanciar dos combustíveis fósseis considerando que o hidrogênio atualmente obtido é originário, em sua maioria, de gás natural e a tecnologia de eletrólise da água deverá ser desenvolvida a ponto de ser economicamente concorrente ou mesmo suplantará os atuais processos que utilizam outras matérias primas que não são isentas de carbono.

Seus benefícios, sendo o principal a descarbonização da matriz energética brasileira (ou mesmo e ousadamente, sob permissão, da matriz energética mundial), podem ter significativos impactos positivos ao planeta e à manutenção da vida que o habita.

Com a utilização única e exclusivamente de fontes renováveis buscou-se, neste artigo, o foco na geração hidráulica por sua abundância no Brasil e a partir da experiência deste autor na atuação de projetos deste modal, aliado ao oportuno conhecimento referente às turbinas de correnteza cuja versatilidade deve ser explorada.

Desta forma o modelo apresentado pode avaliar comparativamente uma instalação trivial com todas as suas características e impactos (fonte hidráulica UHE, PCH e CGH) com uma solução de geração de energia elétrica com baixo impacto ambiental, baixo impacto visual, renovável e passível de utilização na cadeia produtiva e na oferta de hidrogênio a partir de uma tecnologia até então inédita no país: turbinas de correnteza tipo bulbo.

REFERÊNCIAS

AUTOMÓVEL CLUB DE PORTUGAL. **Carros a hidrogénio ou elétricos? Diferenças e vantagens.** Disponível em: <https://www.acp.pt/eletricos/tudo-sobre-eletricos/manutencao-de-um-eletrico/detalhe/carros-a-hidrogenio-ou-eletricos>.

Acesso em: 14/09/2024.

BATTISTELLI, C. **Mais de 70% das áreas de PCHs e CGHs, em média, são de proteção ambiental.** Brasília DF, 2022. Artigo. Disponível em <https://abrapch.org.br/2022/09/mais-de-70-das-areas-de-pchs-e-cghs-em-media-sao-de-protecao-ambiental/#:~:text=Apesar%20de%20todos%20os%20benef%C3%ADcios%20ambie,ntais%20e%20econ%C3%B4micos>. Acesso em 14/09/2024.

BOYAYAN, M. **A Força da Correnteza.** São Paulo SP, 2021. Artigo. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-forca-da-correnteza/#:~:text=Uma%20turbina%20de%20pequenas%20dimens%C3%B5es,%20capaz%20de%20transformar%20a>. Acesso em 15/09/2024.

BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2024.** Documenta e divulga, anualmente, extensa pesquisa e a contabilidade relativas à oferta e consumo de energia no Brasil. Disponível em

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em 28/09/2024.

BRASIL. **Lei nº 14.948, de 02 de agosto de 2024.** Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono. Disponível em

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm. Acesso em 03/12/2024.

BRASIL. **Matriz Energética e Elétrica.** Matéria elaborada pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética, tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético.

Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 28/09/2024.

BRASIL. **Nota Técnica nº 312/2017-SCG/ANEEL, 11 de abril de 2017.** Sumário Executivo referente à Pequena Central Hidrelétrica Salto Alemã. Acervo do autor.

BRASIL. **Resolução Conama nº 9, de 24 de outubro de 1996.** Caracterização de corredores entre remanescentes. Acervo do autor.

BRASIL. **Resolução Normativa ANEEL nº 875 de 10 de março de 2020.** Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à aprovação dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas. Disponível em

<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020875.pdf>. Acesso em 29/09/2024.

CHAUDHARI, S. et. al. **Reinventando a hidroeletricidade: Turbinas de correnteza dispensam represas.** 2021. Artigo. Disponível em

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=reinventando-hidroeletricidade-turbinas-correnteza-dispensam-represas#:~:text=A%20equipe%20est%C3%A1%20trabalhando%20em%20turbinas%20de%20pequeno%20porte,%20que>. Acesso em 13/09/2024.

FERNANDES, G. et. al. **Panorama internacional dos desafios do hidrogênio verde**. Rio de Janeiro RJ, 2023. Artigo. Disponível em <https://portal.fgv.br/artigos/panorama-internacional-desafios-hidrogenio-verde>. Acesso em 14/09/2024.

FILHO, M. K. **Produção de hidrogênio por eletrólise de água utilizando águas residuárias: uma revisão**. Ponta Grossa PR, 2023. Artigo. Revista de Engenharia e Tecnologia. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Disponível em <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/22240/209209218189/209209259059>. Acesso em 28/09/2024.

Folders em referência às turbinas de correnteza, mini turbinas bulbo ou de fluxo vertical. Fabricantes Voigth, Andritz/VA Tech Hydro e Flyght. Acervo do autor.

GE VERNOVA. **Hydrogen fueled gas turbines**. 2023. Material de divulgação. Disponível em <https://www.gevernova.com/gas-power/future-of-energy/hydrogen-fueled-gas-turbines>. Acesso em 13/09/2024.

JENEI, R. P. **Nova turbina de correnteza que dispensa o uso de represas pode revolucionar a hidroeletricidade**. 2021. Artigo. Disponível em <https://engenhariahoje.com/inovacao/nova-turbina-de-correnteza-dispensa-uso-de-represas-pode-revolucionar-hidroeletricidade/>. Acesso em 13/09/2024.

LEITE, E. B. **Proposta de layout para fábrica de produção de hidrogênio verde utilizando fonte de energia fotovoltaica**. Dissertação (Graduação). Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Curso de Engenharia de Produção Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina.

MAIA, J. F. S. **Hidrogênio verde: um estudo sobre sua viabilidade técnica e econômica**. Recife PE, 2023. Dissertação (Graduação). Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Pernambuco.

NETO, J. S. G. **Análise da viabilidade de um sistema de produção de energia limpa a partir da fonte primária solar convertida em energia química: o Hidrogênio**. São Paulo SP, 2019. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo.

PALHARES, D. D. F. **Produção de hidrogênio por eletrólise alcalina da água e energia solar**. Uberlândia MG, 2016. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Química. Universidade Federal de Uberlândia.

PRODUÇÕES, DV Drones. **Usina CGH Generoso**. Cruzeiro do Iguaçu PR, 2017. Vídeo. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=IkLy9DIOcTY>. Acesso em 07/10/2024

REBOUÇAS, P. **Energia limpa e água tratada**. Natal RN, 2021. Artigo. Disponível em <https://ufrn.br/imprensa/materias-especiais/47759/energia-limpa-e-agua-tratada>. Acesso em 15/09/2024.

WUNDER, R. **EIA-RIMA PCH Salto Alemã**. Estudo Ambiental. Curitiba PR, 2015. Elaboração: SOMA Serviços, Organização e Meio Ambiente Ltda. Equipe multidisciplinar. Acervo do autor.

ANEXO I – APLICAÇÃO EM NUSSDORF, VIENA (ÁUSTRIA)

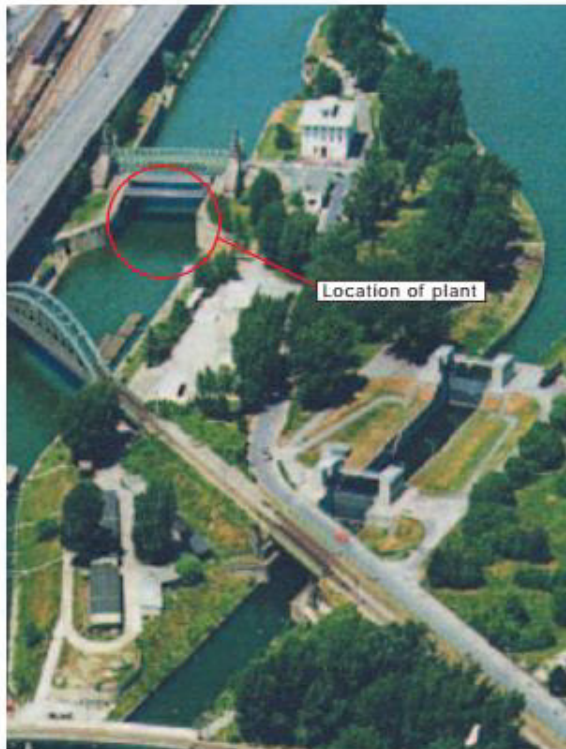
NUSSDORF - AUSTRIA

The Schemerl Weir

With the extensive regulation of the Danube in 1870 – 1875 also a re-development of the intake to the Danube Canal in Nussdorf took place.

In 1872 the so called "Swimming Gate" was designed by Wilhelm von Engerth, a member of the Danube Regulating Commission, to control the inflow to the Danube Canal and for ice defence.

The "Swimming Gate" was replaced by a movable weir ("Schemerl Weir") with a width



of 30 m together with the ship lock in 1898. The architectural design of the weir and the administration buildings was accomplished by the well known architect Otto Wagner.

Because of the high creative quality the ensemble is preserved as a historical site.

Due to the improved flood control a reconstruction of the ship lock was achieved in 1964 – 1966 and in the years 1971 – 1975 the original needle weir was replaced by two radial gates arranged in tandem.

By doing this, the total flood control for Vienna was taken into account and can sustain up to 14,000 m³/s.

The weir operating scheme

The regulation of the Danube Canal is accomplished by the weir and by the ship lock in winter operation respectively.

The admission values are regulated in the valid operating scheme for the Nussdorf weir and ship lock.

Basically it is differentiated between summer (April through November) and winter operation (December through March).

The current operation scheme provides for a continuous flow of 70 m³/s during winter and a flow of up to 225 m³/s during summer, depending on the water discharge of the Danube river.

During the winter months a uniform admission of the Danube Canal of approx. 70 m³/s is ensured by the upper gate of the ship lock (weir closed).

During summer operation the admission of the Danube Canal is ensured by the Schemerl Weir, depending on the flow of the Danube (70 – 225 m³/s).

In case of flood the admission is reduced until a complete stop of the dotation, depending on the water level at the Sweden bridge (influenced by the backwater of the Danube). Due to design reasons the flow through the ship lock is limited to 70 m³/s. In the forebay of the hydropower plant Freudenau the water level in Nussdorf was raised by approx. 4 meters.

The new concept

In course of the implementation of the Danube power station Freudenau (1993 – 1997) there was the intention to build a small-scale power station at Nussdorf. By this, the head resulting from the banked-up waters at the Schemerl Weir could be utilized for power generation.

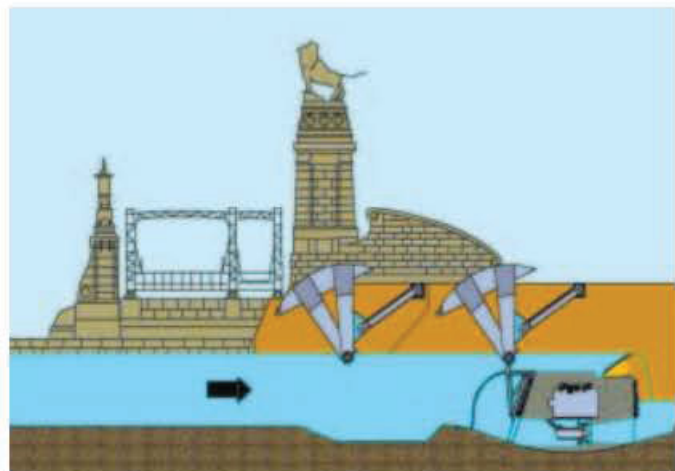
However, this project was not pursued for three reasons:

1. Because of the power rates the projected investment costs were too high in order to show an adequate economic feasibility
2. The originally proposed alternative downstream of the weir was rejected for aesthetic reasons
3. At that time there was no sufficiently developed technology available to implement turbines close to the weir.

The realization of the "Nussdorf small-scale hydropower plant" project became economically viable only after new "green power" legislation had been passed and the new HYDROMATRIX® technology was available.

VERBUND Austrian Hydro Power AG (AHP), as successor of Donaukraft, started again the initiative together with EVN Naturkraft and WIENSTROM Naturkraft to build a small-scale hydropower plant.

A major feature of the project is its careful integration into the existing Nussdorf Weir building complex designed by the famous Jugendstil architect, Otto Wagner.





HYDROMATRIX® as optimum solution

The new small-scale hydropower plant will be built downstream of the existing Schemerl Weir in the stilling basin of the lower radial gate.

The small-scale hydropower plant consists of a 30 m long, approx. 12 m wide and 7 m high over-flow hollow body weir with attached spillway gates, twelve HYDROMATRIX® turbine generator units (TG-units) and an operation building.

For installation purposes a pit is foreseen at the left weir bank, which is integrated in the operation building. For this case the roof of the building can be moved.

The twelve HYDROMATRIX® TG-units can be switched on and off individually. The concreted draft tubes are equipped with gates. In order to be able to dewater each turbine chamber individually, each TG-unit has its own

intake gate. The turbine chambers are closed with removable pressure covers.

The interior space of the overflow structure is equipped with a lifting gear on two rails. With this lifting gear the TG-units can be lifted and laterally moved and deposited at the vertical access pit.

Cables run from the generators to the switch gear which is located on the left bank in the operation building.

There are also all transformers and medium voltage cubicles located, from where the distribution to the switchgear in Heiligenstadt takes place.

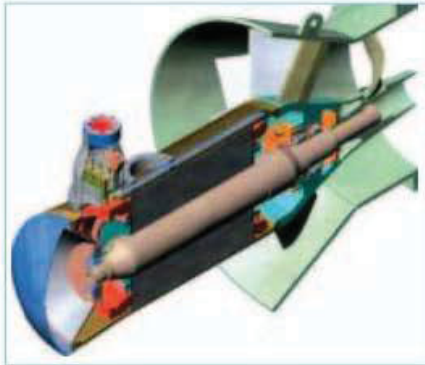
Each TG-unit is supported by guiding rails which are located at the intake of the draft tube. Thus easy installation and dismantling is ensured. In order to be able to adhere to the operating scheme anytime, also after the construction of the power plant, a spillway gate in form of a flap will be installed on top of the overflow structure.

The spillway gate in combination with the flow through the turbine chambers will ensure, that the required discharge for the weir operating scheme is released anytime.

HYDROMATRIX® TG-Units

The TG-units consist of asynchronous generators, which are directly connected with the runner.

The stator is designed as watertight casing box and bolted to the distributor. The guide bearing as well as the combined guide- thrust bearing at the tail water side are designed as oil lubricated roller type bearings. For the regular oil change neither the turbine chamber has to be dewatered nor the TG-unit has to be lifted.



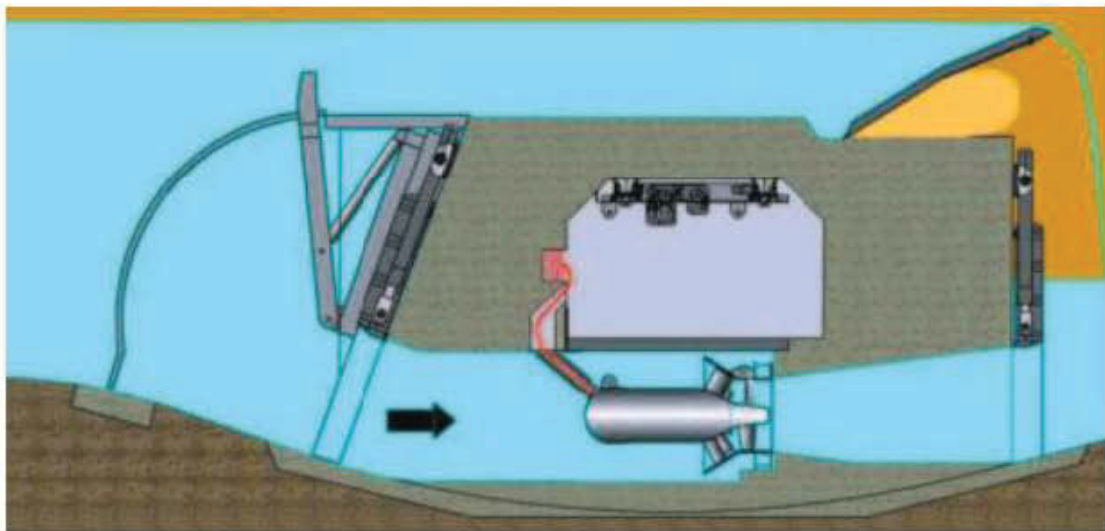
The distributor with fixed guide vanes forms an integral part of the watertight generator housing. The unregulated runner with the hub is cast in one piece made from aluminium bronze.

To ensure high efficiency, the hydraulic contour for the runner, the distributor and the draft tube has been developed at the hydraulic lab of VA TECH HYDRO in Linz, Austria.

The shaft seal is situated at the tailwater side and is designed as maintenance free face type seal. It is designed to withstand all operating conditions.



THE OPTIMUM SOLUTION



The trash rack concept

In front of the intake of the TG-units a six-piece circular arc rack is located.

The individual racks are fixed in the existing weir bottom and at the crest of the weir and are bolted together.

The debris drawn to the intake of the Danube Canal will be disposed or passed on in different manners.

Here it is distinguished between debris which is collected before

- one of the lowered radial gates
- the turbine trash rack
- the spillway gate.

In the first case the upstream radial gate is being used as immersing wall. Thus the situation regarding debris in the area of the weir will remain as it was originally. The de-

bris collected before the radial gate can be collected with a crane and truck as it has been done up till now.

Debris which is pressed below the existing radial gate either swims to the surface or is collected in front of the rack which is arranged in an arc of a circle. Six integral trash rack cleaning machines are located at the downstream side of the rack and are well protected. Floating debris swims on the surface and will be discharged over the spillway gate. This corresponds to the original situation and the discharge of trash takes place continuously.

Debris at the spillway gate has to be collected as the one before the radial gate by means of crane and truck. Since a large portion is either collected in front of the radial gate or is continuously carried away with the flow over the spillway gate, only a small portion of the debris is affected there

from. Thus the effort for trash retrieval is relatively small. Debris which is pulled to the surface by the cleaning machines and carried along by the flow will be continuously removed.

Shut-off devices

The intake gates can be individually hydraulically operated and make the complete locking of the turbine chambers possible.

Dewatering of each turbine chamber without impairing the operation of the other TG-units can be accomplished by closing the draft tube gates at the same time.

The turbine chambers are divided from the manipulation room by bolted pressure covers. After lowering of the intake and the draft tube gate and dewatering of the turbine chamber the pressure cover of each TG-unit can be opened for maintenance work.

It is also possible to close the pressure cover without TG-unit in place and to control the flow through the turbine chamber and the draft tube respectively with the up- and downstream gate.

An air bladder operated spillway gate will be installed. The spillway gate consists of a steel made skin plate with stiffening ribs.

The skin plate is supported by several chambers of fiber reinforced rubber filled with compressed air.

By changing the pressure of the chambers the position of the spillway gate can be changed. The lateral seal of the spillway gate is carried

out at the side panels which are aligned at the banks of the weir.

By heating of the stainless steel side panels and introduction of air in front of the skin plate of the spillway gate, icing up and freezing over is prevented.

The spillway gate is designed for a discharge of 225 m³/s even if three TG-units are shut down.

The project structure



The contract will be carried out by a consortium of VA TECH HYDRO, Porr Technobau and Verbundplan as consortium leader.

Die HYDROMATRIX® plant will start with operation in summer 2005.

Harald Schmid
Phone +43/732 6987 3343
harald.schmid@vatech-hydro.at

Technical data:

Output:	545.7 kW
Voltage:	690 V
Head:	5.86 m
Speed:	336.7 rpm
Runner diameter:	1,320 mm
Annual production:	24.7 GWh