

Repotenciação de usinas hidrelétricas: uma avaliação a partir de três estudos de caso

*José Roberto Campos da Veiga**
*Célio Bermann***

Resumo

Este trabalho apresenta três Estudos de Caso de Repotenciação de empreendimentos de geração de energia elétrica que fornecem uma visão geral dos problemas e vantagens deste tipo de obra, onde se ganha potência sem impactos ambientais consideráveis. São apresentadas as perspectivas de repotenciação para Usinas de Grande Porte e Pequenas Centrais Hidrelétricas, considerando os resultados obtidos para as alternativas de repotenciações mínimas, leves ou pesadas.

A avaliação dos aspectos técnicos e econômicos fornece subsídios para elaboração de estudos de viabilidade e projetos básicos de obras de repotenciação de antigas usinas. A comercialização da energia produzida é avaliada com a ótica das oportunidades de negócio do mercado de energia para estudo da viabilidade econômica da obra.

1. Introdução

Os Estudos de Caso de Repotenciação permitem identificar as dificuldades e os cuidados que devem ser tomados para obter sucesso neste processo de ganho de energia que é delicado e sujeito a prejuízos quando os diagnósticos e estudos não são bem dirigidos.

Há uma variedade de interpretações para o que significa repotenciar um empreendimento e seus equipamentos. A definição clássica de repotenciação considera todas obras que visem gerar ganho de potência e de rendimento.

Conceitualmente, a repotenciação tem por objetivo aumentar a quantidade de energia elétrica (QE) produzida:

$$QE = \text{Potência Instalada} \times \text{Fator de Capacidade} \times 8760 \text{ horas}$$

Analisando a equação de QE deduz-se que o objetivo pode ser atingido pelo aumento da potência instalada ou do fator de capacidade.

A repotenciação de antigas usinas exige a realização de análises técnicas de alta precisão a fim de se conhecer, de forma criteriosa, a eficiência da geração de energia e o estado atual de seus componentes mais importantes em relação a confiabilidade operacional que se espera da usina.

Os principais objetivos destes diagnósticos são a otimização da geração elétrica, a prevenção de paradas não programadas, a introdução oportuna de ações corretivas e também a estimativa do tempo de vida residual.

Há, basicamente, quatro opções a serem consideradas após a avaliação do desempenho integrado de uma usina e de suas unidades separadamente. Estas opções são:

- Desativação;
- Reparo e prosseguimento operacional;
- Reconstrução;
- Reabilitação.

As duas primeiras são auto-explicativas e representam inconstância na disponibilidade futura da máquina, isto é, baixa confiabilidade e baixo fator de capacidade, não justificando investimentos no empreendimento.

A opção reconstrução envolve a construção de uma usina essencialmente nova, com a total substituição dos principais componentes e de estruturas importantes para a otimização do recurso. Esta opção é mais aplicada em pequenas centrais hidroelétricas (PCH's) e em usinas termoelétricas (UTE's).

A opção reabilitação deve resultar em extensão da vida útil, melhoria do rendimento, incremento da confiabilidade, redução da manutenção e simplificação da operação. Esta opção é mais aplicada em grandes centrais hidroelétricas.

* M.Sc. do Programa de Pós-Graduação em Energia da USP - vga@osite.com.br

** Professor do Programa de Pós-Graduação em Energia da USP - cbermann@iee.usp.br

A modernização é a utilização de novas tecnologias na operação das usinas, automatizando, até mesmo tornando-as "desassistidas", pela digitalização e informatização de seus controles e comandos. A modernização está presente na reconstrução, na reabilitação de usinas, mas não chega a ser uma repotenciação.

A obra de repotenciação viável é aquela cujo custo da energia produzida atinge valores menores que os de comercialização ou o valor normativo (VN). Desta forma, este custo passa a ser considerado um Índice de sensibilidade para seleção dos melhores investimentos em repotenciação, isto é, um Índice de atratividade.

É necessário particularizar o custo da obra de repotenciação e o ganho de produção de energia para determinar a sua atratividade. Para isso, basta retirar do custo dos capitais não amortizados anteriormente, os custos de outras partes da obra que não de repotenciação e os custos administrativos da usina que continuam os mesmos, eventualmente até menores, para se obter o valor presente anualizado dos custos - LCC (life cycle cost).

2. Perspectivas da Repotenciação no Brasil

A perspectiva de repotenciação no Brasil se concentra nos empreendimentos hidroelétricos que correspondem a 84% de nossa matriz energética e que se compõe de inúmeras usinas antigas em condições de sofrerem repotenciações com índices que ganhos de capacidade muito interessantes. Observa-se um potencial de repotenciação para 32.000 MW instalados, calculado para o potencial das usinas com mais de 20 anos e que estão relacionadas na Tabela em anexo.

O estudo das perspectivas de repotenciação foi desenvolvido classificando-as por tipos. Esta classificação considera a extensão da repotenciação do empreendimento. São os tipos adotados pela ANEEL mais a repotenciação mínima, obtendo-se então a seguinte classificação:

- **Repotenciação Mínima:** corresponde ao reparo da turbina e do gerador, recuperando seus rendimentos originais. Este reparo de acordo com trabalho elaborado pela IBERDROLA corresponde em média a 2,5% de ganho de capacidade;
- **Repotenciação Leve:** classificação adotada pela ANEEL que corresponde a 10% de ganho de capacidade devido já existirem vários casos neste nível;
- **Repotenciação Pesada:** classificação da ANEEL que corresponde a ganhos de capacidade de 20 a 30% pela troca do rotor com poucos casos registrados. No levantamento adotou-se 23,30% como valor médio.

De acordo com recentes estudos da ANEEL, o sistema elétrico ganharia 815,86 MW com a repotenciação mínima, 3.268,84 MW com repotenciações leves das usinas e 7.623,55 MW com repotenciações pesadas.

Fabricantes de equipamentos como a Voith-Siemens e a Alstom, estimam que o custo do kW gerado a partir da repotenciação varia entre R\$ 200 e R\$ 600, o que significa um potencial de negócio nessa área que pode atingir a R\$ 4,6 bilhões, considerando a repotenciação de 7.600 MW. Este montante de investimento é significativamente mais barato, se for levado em conta que o planejamento indicativo do Ministério de Minas e Energia estima serem necessários perto de R\$ 8 bilhões por ano para expandir a capacidade brasileira em 4.600 MW.

No que se refere à perspectiva de repotenciação de Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH's) em termos de montante de ganhos de potência é pequena considerando o potencial hidrelétrico do país mas está se tornando atraente pelos incentivos dos agentes financeiros, pela valorização da energia no mercado aberto.

Um levantamento elaborado em 1997 pelo DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, considerou que havia no Brasil em torno de 1.858 PCH's identificadas e que correspondiam a uma capacidade total instalada de 1.111,3 MW. Deste total, 1.089 centrais tinham suas condições operacionais desconhecidas, 428 estavam abandonadas, 7 centrais encontravam-se em fase de reativação, 3 estavam sendo reformadas e apenas 331 centrais, correspondendo a 604,7 MW, encontravam-se em operação.

Com base nestes dados, e considerando que grande parte destas PCH's foram construídas entre 1930 e 1940, a repotenciação destas usinas poderia ser atingida de duas formas:

1-*Repotenciação de PCH's em operação:* a média de idade das centrais em operação é de 60 anos. Desta forma, a reabilitação com redefinição das unidades geradoras poderia agregar cerca de 200 MW em curto espaço de tempo;

2-Reativação de PCH's: existem cerca de 600 centrais desativadas com as instalações em condições de serem reformadas, com baixo custo de implantação, representando a possibilidade de mais 120 MW de capacidade instalada.

3. Metodologia dos Estudos

Uma Planilha de Cálculo desenvolvida no software MS - Excel é a ferramenta para os Estudos de Caso alvo deste trabalho. A planilha foi planejada na mesma seqüência dos Estudos Energéticos de Viabilidade de empreendimentos hidrelétricos, isto é:

- Avaliação Técnica: onde se encontram os dados de entrada da máquina antiga e os dados técnicos da nova máquina ou de suas novas condições de operação.
- Avaliação Econômica: é a entrada dos custos da repotenciação e o cronograma de investimentos.
- Oportunidades no Mercado de Energia: onde se calcula o tempo de amortização do capital investido para cada tipo de negócio.

A entrada dos preços da energia para cada tipo de negócio é fundamental e deve refletir o comportamento do mercado pelo menos no curto prazo, ou seja, nos próximos cinco anos. Deve ser consultado o mercado de energia diretamente para determinação destes preços para cada submercado.

Os preços de energia escolhidos na planilha refletem o mercado antes do período de racionamento que é um período atípico. O preço da energia livre na ponta, R\$ 300,00 foi o preço mais elevado praticado no ano 2000. O preço da energia livre na base, R\$ 150,00 é o preço de equilíbrio previsto ser alcançado após o período de racionamento. Os preços dos contratos bilaterais na ponta e na base, R\$ 90,00 e 80,00 respectivamente, indicam os valores mínimos que devem ser negociados blocos de energia para os consumidores livres. O preço de reserva de energia, R\$ 60,00, é um valor médio dos custos de produção, isto é, o custo marginal de expansão. O preço do encargo de energia, R\$ 50,00, na incerteza da definição do seu valor pelos órgãos governamentais, foi escolhido como o menor dentre os preços de oportunidades de negócio do mercado.

Para cálculo da energia produzida pela usina foi utilizado como vazão assegurada 95% da vazão média como está sendo praticado no momento, para aumentar esta categoria de energia em detrimento da energia secundária que está sendo paga somente a R\$ 4,00 o MWh.

Nos estudos, considerou-se uma taxa de desconto anual de 15% e amortização em 5 anos, conforme tem sido praticado pelos investidores. As condições e taxas de financiamento adotadas correspondem às utilizadas pelo BNDES: TJLP de 10%, spread de 3% e carência de 6 meses depois do início da geração.

Os estudos permitiram a obtenção de indicadores importantes como o índice de "Ganho Energético da Repotenciação", o "Ganho Real de Potência" e os tempos de amortização do capital investido possibilitando a tomada da decisão esperada.

Para possibilitar o preenchimento do "Formulário Para Registro de Aproveitamento Hidrelétrico" da ANEEL, a planilha estuda um possível financiamento, tomando por base o financiamento do BNDES, fornecendo os valores de "Custo Índice da Instalação", "Juros durante a Construção" e "Juros Totais".

A planilha tem aplicação não somente para empreendimentos em Repotenciação, mas também para Reativação, e, mesmo para novos empreendimentos, bastando tornar zero o Fator de Capacidade da usina antiga.

4. Estudo de Caso 1 - PCH Emas Nova

A Usina Emas Nova cuja construção se deu entre 1936 e 1942, situada no Rio Mogi Guaçu, em Pirassununga, SP, hoje desativada, foi alvo de avaliação de Reativação e de "Repotenciação Hipotética", isto é, como se a usina estivesse ainda operando, possibilitando um estudo típico de repotenciação de PCH.

4.1. Características Gerais de Emas

Emas Nova é uma usina do tipo fio d'água, cuja Casa de Força é composta de um grupo gerador com a potência instalada de 4,2 MW. O barramento do rio tem a finalidade de facilitar a tomada d'água, pois a usina é do tipo derivação sendo que somente uma parcela pequena da vazão do rio é utilizada para geração de energia elétrica.

Características da Turbina Antiga

• marca	OERLIKON
• tipo	Kaplan de eixo vertical
• potência	4600CV
• rotação	225 rpm
• vazão	35,66 m ³ /s = 2.000 kW
• vazão	19,33 m ³ /s = 1.500 kW
• vazão	17,80 m ³ /s = 1.000 kW
• vazão	08,90 m ³ /s = 0.500 kW
• queda	6,5m

4.2. Avaliação Técnica da Usina Emas Nova

Considerando que a potência instalada do grupo turbina - gerador da usina é bem superior a capacidade geradora da instalação, partiu-se, simplesmente, para a seleção de novo grupo gerador com capacidade compatível e alto rendimento, realizando a repotenciação da usina a baixo custo e prazo reduzido. Essa é a concepção de repotenciação para esta usina que seu proprietário, a ELEKTRO, pretende para aproveitar o momento do mercado de energia.

Avaliação Hidrológica

Vazão Firme:	33,9 m ³ /s
Vazão Média:	35,66

Novo Grupo Turbina Gerador

Potência Nominal:	2,1 MW
Rendimento da turbina:	92%
Rendimento do Gerador:	98%
Fator de Capacidade:	90%

4.3. Avaliação Econômica de Emas

Repotenciação

Custo da Repotenciação:	R\$ 975.000,00
Ganho Energético da Repotenciação:	6.450 MWh - 70%
Ganho Real de Potência Instalada:	819 kW - 32,59%
Custo da Energia Gerada:	58,00 R\$/ MWh - Índice da instalação: 1590,61 R\$/kW
Amortização do Investimento:	3,5 anos

Reativação

Custo da Repotenciação:	R\$ 1455.000,00
Ganho Energético da Reativação:	15.670 MWh
Potência Instalada:	1.988 kW - 32,59%
Custo da Energia Gerada:	28,53 R\$/ MWh Índice da instalação: 790,48 R\$/ KW
Amortização do Investimento:	1 ano

4.4. Viabilidade Econômica - Oportunidades de Negócio

Os valores obtidos nos estudos de avaliação econômica da Usina Emas colocados em planilha de cálculo indicam a atratividade do investimento. Pode-se observar que é uma repotenciação de alto custo pois deve substituir a roda da turbina com a reforma do gerador. Seu índice de instalação, 1591 R\$ / kW, fica no patamar alto das repotenciações. O retorno do capital investido se dará entre 2 anos e 3,5 anos.

A reativação da usina que é o caso real se apresenta como ótimo negócio, com índice de instalação de 790,00 R\$ / kW, custo de geração de 28,5 R\$ / MWh e amortização do capital no período de 1 semestre a 1,5 anos.

5. Estudo de Caso 2 - MCH Quilombo

A Micro Central Hidrelétrica Quilombo, do tipo fio d'água, hoje desativada, localiza-se no rio Jundiá, bacia hidrográfica do rio Tietê, no município de Itupeva. Foi inaugurada em 1913, tendo sido construída pela Empresa Luz e Força de Jundiá, foi paralisada em 1968.

Neste caso, também foi elaborado o estudo de Reativação e o de "Repotenciação Hipotética", como se a usina operasse, ainda, com sua antiga máquina.

5.1. Características Gerais de Quilombo

A Usina Quilombo é uma usina do tipo fio d'água e de derivação, sua Casa de Força é composta de dois grupos geradores com a potência instalada de 867 kW. Na tomada d'água a usina possui uma barragem com vertedouro de superfície que melhora a adução da água para um conduto de baixa pressão de 1000 metros.

Características Principais da Usina Quilombo

- Vazão média 6,5 m³/s
- Vazão mínima 4,2 m³/s
- Queda nominal 29 m
- N° de Turbinas / Gerador 2
- Fabricante - Escher- Wyss / Oerlikon
- Potência 867 kW
- Eficiência do Conjunto 75%

5.2. Avaliação Técnica da Usina Quilombo

A avaliação técnica da Usina Quilombo consta de novos estudos hidrológicos, hidráulicos, de arranjo e de seleção de equipamentos. A sua reativação vai custar a sua reconstrução quase total. A Repotenciação Hipotética seria, para efeito de estudo, a reforma da máquina antiga para se atingir eficiência das máquinas modernas, com as mesmas condições hidrológicas.

Avaliação Hidrológica

Vazão Firme: 4,2 m³/s
Vazão Média: 6,5 m³/s
Rendimento do Gerador: 98%
Fator de Capacidade: 90%

Novo Grupo Turbina Gerador

Potência Nominal: 1,61 MW
Rendimento da turbina: 92%

5.3. Avaliação Econômica de Quilombo

Repotenciação

Custo da Repotenciação: R\$ 575.000,00
Ganho Energético da Repotenciação 4.541 MWh - 50%
Ganho Real de Potência Instalada: 576 kW - 21 %
Custo da Nova Geração: 53,67 R\$ / MWh - Índice da instalação: 1528,42 R\$ / kW
Amortização do Investimento: 3,5 anos

Reativação

Custo da Reativação: R\$ 2.710.000,00
Ganho Energético da Reativação: 11.315 MWh
Potência Instalada: 1.615 kW - 21 %
Custo da Energia Gerada: 73,50 R\$ / MWh - Índice da instalação: 1782,44 R\$ / kW
Amortização do Investimento: 4,5 anos

5.4. Viabilidade Econômica - Oportunidades de Negócio

Considerando os orçamentos das obras de reativação e repotenciação, ambas se apresentaram viáveis. A primeira, por apresentar seu FC igual a zero, utiliza toda a energia produzida para amortizar o capital investido permitindo incluir o preço de dois grupos turbina gerador novos no orçamento da obra. Por sua vez a repotenciação só se viabiliza com a reforma das unidades geradoras e na condição de ser executada no momento certo, em que o FC atinge limites baixos, que determinem mais energia nos cálculo de amortização do investimento, mas seu índice de instalação de 1.528,00 R\$ /kW pode ser considerado alto.

A viabilidade econômica da repotenciação se dá no período de 2 a 3,5 anos, em função dos negócios de venda de energia, enquanto que a reativação se viabiliza no período de 2 a 4,5 anos.

6. Estudo de Caso 3 - UHE Jupia

A Usina Jupia, um aproveitamento do tipo fio d'água, foi o primeiro empreendimento hidrelétrico construído no rio Paraná, próximo da foz do rio Tietê e no salto Urubupungá, na época em que já se previa a construção da UHE Ilha Solteira. Sua construção foi iniciada em 1960, inaugurada em 1969 e

concluída em 1974, localiza-se no município de Castilho - SP e Três Lagoas - MS. Desde de 1966 pertence a CESP - Companhia Energética de São Paulo.

A repotenciação da usina se deu num momento oportuno em que se apresentava a necessidade de manutenções mais profundas nos geradores, ao mesmo tempo a CESP tinha dificuldades operativas desta usina devido a sua vazão máxima equipada de 9520 m³/s frente a vazão de 11600 m³/s de Ilha Solteira mais Três Irmãos.

Considerou-se neste caso a repotenciação de um conjunto turbina-gerador considerando que a viabilidade de um deles leva, de alguma forma, a viabilidade de todos. Considerou-se primeiramente, a repotenciação somente com o custo da turbina e posteriormente o custo da turbina e do gerador. Levou-se em consideração os custos estimados em dólares na época de seus estudos pela CESP

6.1. Características Gerais de Jupirá

A Usina Jupirá é uma usina do tipo fio d'água, sua Casa de Força é composta de 14 grupos geradores com a potência instalada de 1.551,2 MW. As turbinas são do tipo Kaplan.

Características das unidades da Usina Jupirá na época:

- Vazão média 536 m³/s
- Vazão mínima 460 m³/s
- Queda mínima 21,3m
- N° de Turbinas / Gerador 14
- Fabricante - Riva/Asgen/Escher-Wyss
- Potência 100,8 MW
- Eficiência do Conjunto 86%
- Fator de Capacidade 80%

6.2. Avaliação Técnica da Usina Jupirá

Tendo em vista a execução dos serviços de recondicionamento dos geradores e a necessidade de manutenção de 120 mil horas em diversas unidades da usina decidiu-se pela repotenciação das turbinas em paralelo àquelas atividades, possibilitando otimizar os ganhos de energia.

Os valores referenciais para balizar os estudos energéticos e econômicos são 16% no aumento da capacidade instalada, 2,5% no ganho de rendimento das máquinas repotenciadas e o aumento na capacidade de engolimento da usina de 13,2%.

Avaliação Hidrológica

Vazão Firme: 460 m³/s

Vazão Média: 536 m³/s

Novas Condições do Grupo Turbina / Gerador

Potência Nominal: 100,8MW

Rendimento da turbina: 92%

Rendimento do Gerador: 98%

Fator de Capacidade: 91 %

6.3. Avaliação Econômica de Jupirá (por unidade)

Na avaliação econômica de Jupirá foi tomada como base os preços de venda de energia no mercado adotados pela CESP em sua avaliação, ou seja, U\$ 41 MWh, a 2,5 R\$ / U\$, para se comparar as conclusões dos estudos realizados.

Repotenciação - somente turbina

Custo da Repotenciação: R\$ 3.750.000,00 (por unidade)

Ganho Energético da Repotenciação: 225.628 MWh - 34%

Ganho Real de Potência: 28,3 MW - 18%

Custo da Energia Gerada: 58,77R\$/MWh - Índice da instalação: 1.527,58 R\$/kW

Amortização do Investimento, vendas no VN: 3 anos

Repotenciação - turbina e gerador

Custo da Repotenciação: R\$ 16.250.000,00 (por unidade)

Ganho Energético da Repotenciação: 225.628 MWh - 34%

Ganho Real de Potência: 28,3 MW - 18%

Custo da Energia Gerada: 75,79 R\$ / MWh - Índice da instalação: 1969,21 R\$ / kW

Amortização do Investimento, vendas no VN: 3,5 anos

6.4. Viabilidade Econômica - Oportunidades de Negócio

Os estudos mostram a atratividade de ambas as repotenciações, ou seja, só turbina ou turbina e gerador. Deve-se observar que o custo da repotenciação do gerador não pesa na amortização do investimento. O que realmente pesa é o tempo de indisponibilidade de máquina. O retorno do capital investido se dará entre 1,5 a 4,5 anos dependendo dos negócios de energia que forem realizados.

Identificou-se a atratividade do negócio devido a um ganho de 22 MW médios, no sistema interligado, e aproximadamente 30 MW médios com a repotenciação, com um custo unitário de geração de 27,5 R\$ / MWh, amortização de 10 a 15 anos e 15% de TIR

7. Conclusões

O processo de repotenciação é indicado para usinas com mais de 20 anos de atividade e abrange grande parte do parque gerador nacional como se pôde ver ao longo desta dissertação. O custo é menor comparado à construção de novas usinas, que absorvem 60% dos investimentos somente em obras civis. Outra vantagem apontada é o curto prazo de implantação.

A repotenciação de usinas hidrelétricas, no entanto, é uma obra delicada, deve ser estudada com rigor para se definir a mínima reabilitação para o máximo ganho de geração, o momento adequado para sua realização, o cronograma menor possível, caso contrário, ela se inviabiliza já no seu projeto, como se pode concluir observando as obras estudadas.

Há que se acrescentar tratar-se de uma obra onde se deve manter o controle apertado sobre os seus custos de construção, pois uma pequena variação em relação ao seu orçamento pode elevar em muito seus índices de custo a ponto de inviabilizá-la, tendo em vista que uma parcela da energia da usina é que vai amortizar o seu investimento.

O ganho de rendimento de 2,5 %, que já é interessante para as máquinas, só se viabiliza no momento adequado, aquele onde o seu Fator de Capacidade atinge limites mínimos e que devem ser estudados e definidos para cada caso.

A indisponibilidade da máquina tem um peso tal na viabilidade da repotenciação que passa a ser, muitas vezes, mais importante do que o custo da sua implantação, fato muito comum em usinas de grande porte, como se pode observar no estudo de caso da Usina Jupuí e no comentário que se segue sobre a usina Jacuí.

"A repotenciação da primeira unidade de Jacuí foi orçada em R\$ 2,3 milhões, enquanto o lucro cessante seria de R\$ 3,1 milhões, com uma despesa total de R\$ 5,4 milhões. O trabalho teria de ser executado em seis meses, o que comprometeria a produção de energia na região sul do estado em função do crescente aumento de demanda, conforme informação da concessionária CEEE." (Revista Brasil Energia n° 240)

Agregar ao projeto de repotenciação modernizações como automação dos comandos e controles pela sua digitalização, otimizando a operação da usina proporcionando ganhos de energia produzida e redução dos custos de operação, é conveniente devido ao custo baixo que isso representa. No entanto, não é determinante na sua viabilização econômica.

Todavia, não se observa no planejamento da expansão energética muitos projetos de repotenciação. O problema parece estar na remuneração inadequada dos investimentos para que nos estudos de oportunidades de negócio no curto prazo, se possa determinar os retornos de capitais. A estabilização do mercado de energia, também é essencial para a previsão do comportamento dos seus preços de compra e venda. A esse respeito, está ausente o estímulo que pode advir da implantação do Encargo de Capacidade, que ainda não foi estabelecido na prática.

As empresas geradoras também vêm enfrentando o problema do racionamento de energia que impede a parada de máquinas para obras, racionamento que pode chegar a dois anos, o que levaria as empresas a recorrerem ao mercado spot para honrarem seus compromissos.

Apesar de tudo, as condições do mercado, tais como hoje se encontram, já viabilizam este negócio. Os cronogramas de obras, reduzidos por um planejamento adequado, onde se desenvolve a maior parte dos trabalhos em paralelo com a geração da máquina antiga, reduzindo sua parada e as perdas por lucro cessante, e os projetos onde soluções mínimas têm sido utilizadas, vêm proporcionando a concretização de repotenciações conhecidas e bem sucedidas.

Tabela - Usinas Hidrelétricas com mais de 20 anos e mais de 30 MW

NOME	CONCESSAO	INICIO OPER.	RIO	ESTADO	CAP. INST. [MW]	Mq's
Americana	CPFL	1909	Atibaia	SP	33,60	3
Ilha dos Pombos (Ilha)	LIGHT	1924	Paraíba do Sul	Ri	167,64	5
Henry Borden-Externa	ELETROPAULO	1926	Pedras	SP	474,00	8
Fontes Nova	LIGHT	1940	Lages (Ribeirão)	Ri	89,25	3
Pakigot de Souza	COPEL	1940	Capivari	PR	247,00	4
Santa Cecília-Bombeamento	LIGHT	1952	Paraíba do Sul	Ri	34,96	4
Vigário-Bombeamento	LIGHT	1952	Pirai	Ri	90,02	4
Caconde (Graminha)	CGEET	1952	Pardo	SP	80,40	2
Nilo Peçanha I	LIGHT	1953	Lages (Ribeirão)	Ri	324,70	6
Paulo Afonso I	CHESF	1955	São Francisco	BA	180,00	3
Itutinga	CEMIG	1955	Grande	MG	48,60	4
Mascarenhas de Moraes	FURNAS	1956	Grande	MG	476,00	10
Americo R. Cianetti (S. Grande)	CEMIG	1956	Santo Antonio	MG	104,00	4
Henry Borden-Subterrânea	ELETROPAULO	1956	Pedras	SP	427,76	6
Guaricana	COPEL	1957	Arraial	PR	39,00	4
Armando de S.Oliveira (Limoeiro)	CGEET	1958	Pardo	SP	32,20	2
Lucas Nogueira Garcez	CGEEP	1958	Paranapanema	SP	70,38	4
Cachoeira Dourada	CELG	1959	Paranaíba	GO	724,00	8
Camargos	CEMIG	1960	Grande	MG	45,00	2
Euclides da Cunha	CGEET	1960	Pardo	SP	108,80	4
Paulo Afonso II	CHESF	1961	São Francisco	BA	480,00	6
Funil	CHESF	1962	Contas	BA	30,00	3
Bernardo Mascarenhas	CEMIG	1962	São Francisco	MG	516,80	6
Pereira Passos	LIGHT	1962	Lages (Ribeirão)	Ri	93,50	2
Armando A. Laydner (Juru Mirim)	CGEEP	1962	Paranapanema	SP	98,00	2
Jacui	CEEE	1962	Jacui	RS	150,00	6
Furnas	FURNAS	1963	Grande	MG	1.216,00	8
Barra Bonita	CGEET	1963	Tietê	SP	140,76	4
Suíça	ESCELSA	1965	S. Maria da Vitória	ES	30,06	2
Funil	FURNAS	1965	S. Maria da Vitória	Ri	216,00	3
Alvaro de Souza Lima (Bariri)	CGEET	1965	Tietê	SP	143,10	3
Luiz Carlos Barreto Carvalho	FURNAS	1969	Grande	SP	1.050,00	6
Ibitinga	CGEET	1969	Tietê	SP	131,49	3
Souza Dias (Jupiá)	CESP	1969	Parana	SP	1.411,10	14
Pres. Castelo Branco	CHESF	1970	Parnaíba	PI	234,00	2
Xavantes	CGEEP	1970	Paranapanema	SP	414,00	4
Julio de Mesquita Filho	COPEL	1970	Chopim	PR	44,10	2
Itauba	CEEE	1970	Jacui	RS	500,00	4
Paulo Afonso III	CHESF	1971	São Francisco	BA	864,00	4
Jaguara	CEMIG	1971	Grande	MG	638,40	4
Porto Colombia	FURNAS	1973	Grande	MG	320,00	4
Mascarenhas	ESCELSA	1973	Doce	ES	103,95	3
Ilha Solteira	CESP	1973	Paraná	SP	3.230,00	20
Passo Fundo	ELETROSUL	1973	Erexim	RS	220,00	2
Passo Real	CEEE	1973	Jacuí	RS	250,00	2
Volta Grande	CEMIG	1974	Grande	MG	380,00	4
Cuaracy Nunes (Paredão)	ELETRONORTE	1975	Araguari	AP	69,10	2
Marimondo	FURNAS	1975	Grande	MG	1.440,00	8
Mario Lopes Leão	CGEET	1975	Tietê	SP	264,00	3
Salto Osório	ELETROSUL	1975	Iguacu	PR	1.050,00	6
Curuá - Una	CELPA	1977	Curuá - Una	PA	40,00	3
Apolonio Sales (Moxoto)	CHESF	1977	Sao Francisco	AL	440,00	4
Capivara	CGEEP	1977	Paranapanema	SP	640,00	4
São Simão	CEMIG	1978	Paranaíba	MG	2.688,50	6
José Ermirio de Moraes	CGEET	1978	Grande	SP	1.380,00	6
Paraibuna	CESP	1978	Paraibuna	SP	85,00	2
Paulo Afonso IV	CHESF	1979	São Francisco	BA	2.460,00	6
Sobradinho	CHESF	1979	São Francisco	BA	1.050,00	6
Itumbiara	FURNAS	1980	Paranaíba	MG	2.082,00	6
Salto Santiago	ELETROSUL	1980	Iguaçu	PR	1.992,00	4
Bento Munhoz da Rocha Neto	COPEL	1980	Iguacu	PR	251,00	4

Fonte: VEIGA, J.R.C. - Oportunidades de negócio com a repotenciação de usinas: aspectos técnicos, econômicos e ambientais - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Energia da USP, março2002.

Referências Bibliográficas

- Avruch, M. - "Velhas Usinas com Energia Nova" - Jornal do Brasil, 22/10/97.
Banco Mundial- A Função do Banco Mundial no Setor da Eletricidade, 1993.
Moore, T. - "Repowering as a Competitive Strategy". EPRI Journal, set./1995.
Ramos, D.S.; Mazzon, IG.; Chaves, IR.A. - "Repotenciação de Usinas: Nova Opção para Expansão da Oferta a Custo Reduzido" - Eletricidade Moderna, set./1995.
Ramos, D.S.; Borelli, A. B.; Jucá, A.S.; Paula, C.P.; Pellegrini. M.C. - "Encargos de Capacidade" - PEA - USP, 2001.
Veiga, J.R.C. - "Oportunidades de negócio com a repotenciação de usinas: aspectos técnicos, econômicos e ambientais" - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Energia da USP, março/2002.
Management Report -"How Old are US Utility Power Plants?"- Electrical World, junho/ 1985.
Industry News - "Competition Experiment Continues in Southwest" Electrical World, fevereiro/1985.
"The Growing Role of Reliability" - Electrical World, outubro/1981.
"The world major dams and hydro plants" - International Water Power & Dam Construction- Electrical World Yearbook, 1997.
"Energia Rápida e Barata" - Brasil Energia n° 240; "Empresas Alegam Falta de Regras" - Brasil Energia n° 240; "Impedida pela Demanda" - Brasil Energia n° 240.