

VALORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO EM APROVEITAMENTOS MINI-HÍDRICOS COM REGULARIZAÇÃO DIÁRIA

Fernando M. MONTEIRO⁽¹⁾; Rui M. M. LEITÃO⁽²⁾

RESUMO

Com a abertura do sector da produção de energia eléctrica aos investidores privados, surgiu por parte destes um crescente interesse pelo investimento em pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, com potência instalada limitada a 10 MW. A dimensão e localização destes centros produtores, tem dificultado, por regra, a criação de albufeiras com uma capacidade de regularização significativa.

Na presente comunicação descreve-se resumidamente um modelo simplificado de avaliação do efeito da regularização diária no aumento do valor médio do kWh produzido, com particular interesse na optimização do dimensionamento dos aproveitamentos. Com uma tradução gráfica sugestiva, o modelo baseia-se na utilização da curva de caudais afluentes classificados e em dois parâmetros fundamentais de dimensionamento - caudal equipado e volume útil.

Este aumento virá adicionar-se ao ganho de produtividade, também quantificado, que resulta de poder aproveitar os caudais afluentes inferiores ao mínimo turbinável na central.

O modelo foi aplicado na simulação da exploração de aproveitamentos supostamente situados em diversos cursos de água do norte e centro do País, tendo-se concluído o seguinte:

- O aumento do valor unitário da energia produtível é fortemente influenciado pelo nível de equipamento, pelo regime hidrológico, e, naturalmente, pelo próprio volume útil.
- O ganho de produtividade resultante do aproveitamento dos caudais afluentes inferiores ao mínimo turbinável pode também ser importante, dependendo do regime hidrológico, do caudal equipado, e do tipo, número e distribuição da potência pelos grupos.
- Ao tomar como referência um aproveitamento equipado com o dobro do módulo do rio, os ganhos totais imputáveis à regularização, que não são significativamente afectados pela existência ou não de caudal ecológico, podem atingir, em casos mais favoráveis, cerca de 50% do valor da produção na situação de exploração a fio-de-água.

Palavras-chave: Hidroelectricidade, valorização da produção, mini-hídricas, regularização diária, albufeira, exploração optimizada.

⁽¹⁾ Eng.º Mecânico, HIDRORUMO-Projecto e Gestão, S.A., Grupo EDP, Porto, Portugal

⁽²⁾ Eng.º Electrotécnico, HIDRORUMO-Projecto e Gestão, S.A., Grupo EDP, Porto, Portugal

1 - OBJECTIVO E MÉTODO

No presente trabalho, desenvolvido no âmbito dos estudos de viabilidade de pequenos empreendimentos hidroeléctricos com regularização diária, cujas produções sejam entregues à rede eléctrica nacional, define-se um modelo de análise simples e expedito, que, a partir da série de caudais médios diários afluentes classificados, permite otimizar a colocação da energia na rede e calcular o seu valor de venda médio.

O método seguido consiste essencialmente em impedir, até ao limite de descarregamento, que se turbine em períodos de menor valor tarifário. Assim, tendo em atenção a definição actual do sistema de venda de energia, só deverão ocorrer turbinamentos em períodos de cheia quando a capacidade de armazenamento da albufeira se esgotar antes do início do período de ponta seguinte. Da mesma forma, também só deverão ser efectuados turbinamentos em períodos de vazio se essa capacidade se esgotar antes do início do período de cheia seguinte.

Ao aplicar este modelo pressupõe-se que, mesmo com uma pequena capacidade de regularização, seria possível o aproveitamento da totalidade das aflúências inferiores ao caudal mínimo turbinável.

Os caudais ecológicos e reservados para jusante, consideram-se retirados directamente da série de caudais classificados, conforme as necessidades, simplificando assim as expressões de cálculo adiante apresentadas.

A figura a seguir incluída representa o actual ciclo diário do sistema tarifário, utilizado no presente estudo.

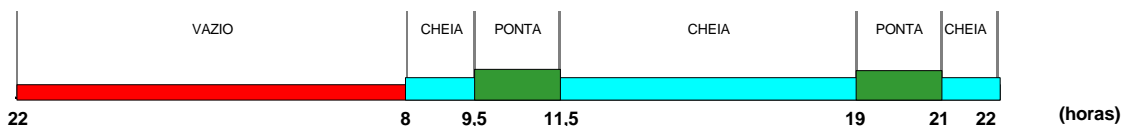


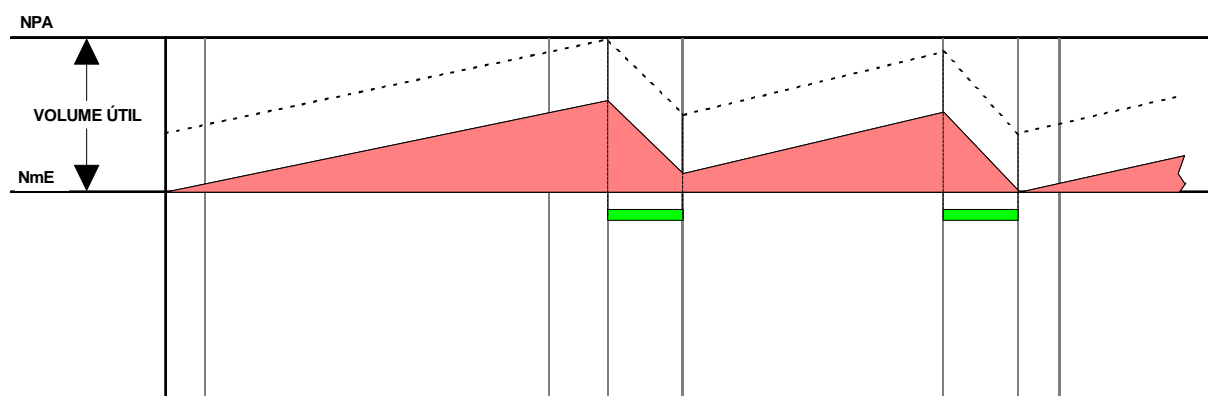
Figura 1 - Ciclo diário

No desenvolvimento do modelo, utilizou-se o dia como unidade de tempo elementar, não só porque os registos das aflúências disponíveis são valores médios diários, mas também por ser o período a que corresponde um ciclo completo do sistema tarifário, simplificando naturalmente o processo de cálculo.

Para exemplificação do método, inclui-se a figura 2, na qual se faz a representação esquemática da gestão do volume útil em função do caudal equipado e do caudal médio afluente. Nesta representação são ilustradas duas situações particulares de regularização:

- a que permite a colocação de energia nas 4 horas de ponta (esquema 1);
- a que permite a colocação de energia durante 14 horas (4 horas de ponta e 10 horas cheias) (esquema 2).

1 - COLOCAÇÃO DA ENERGIA NAS 4 HORAS DE PONTA



2 - COLOCAÇÃO DA ENERGIA EM 4 HORAS DE PONTA E 10 HORAS CHEIAS

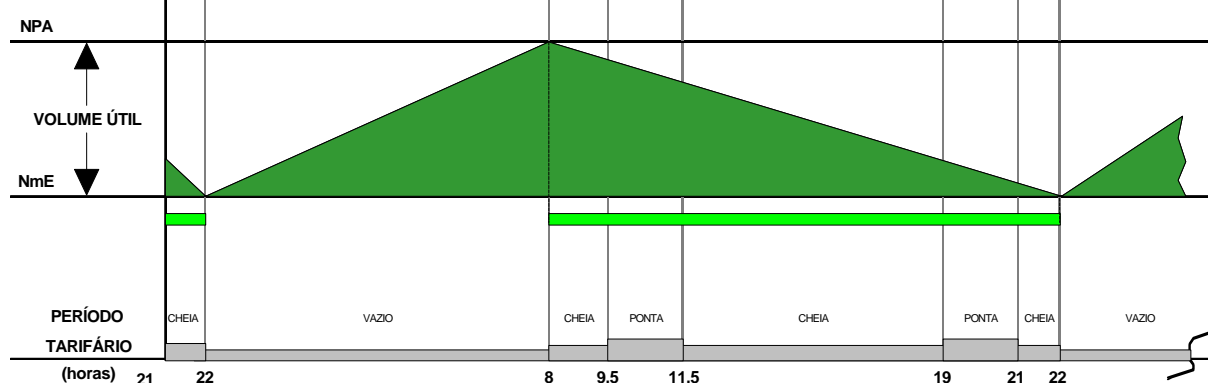


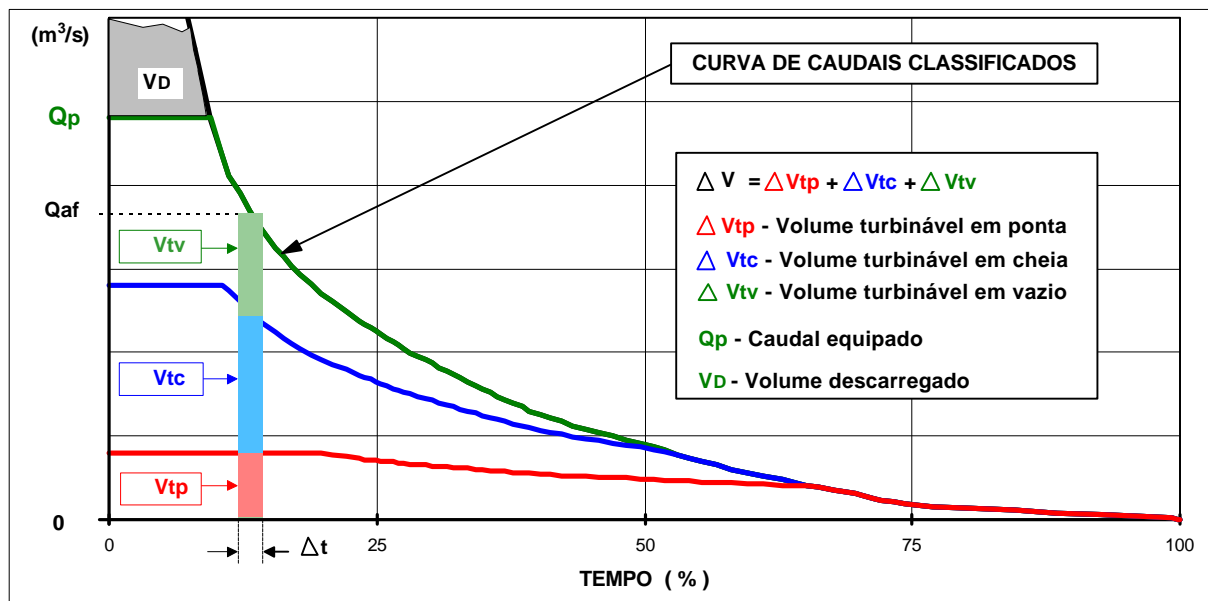
Figura 2 - Representação esquemática de gestão do volume útil

A linha a tracejado do esquema 1 pretende mostrar o nível máximo a que se poderá gerir a albufeira, por forma a aumentar a queda útil sem prejuízo de colocação de energia no respectivo período tarifário, mas correndo algum risco de descarregamento.

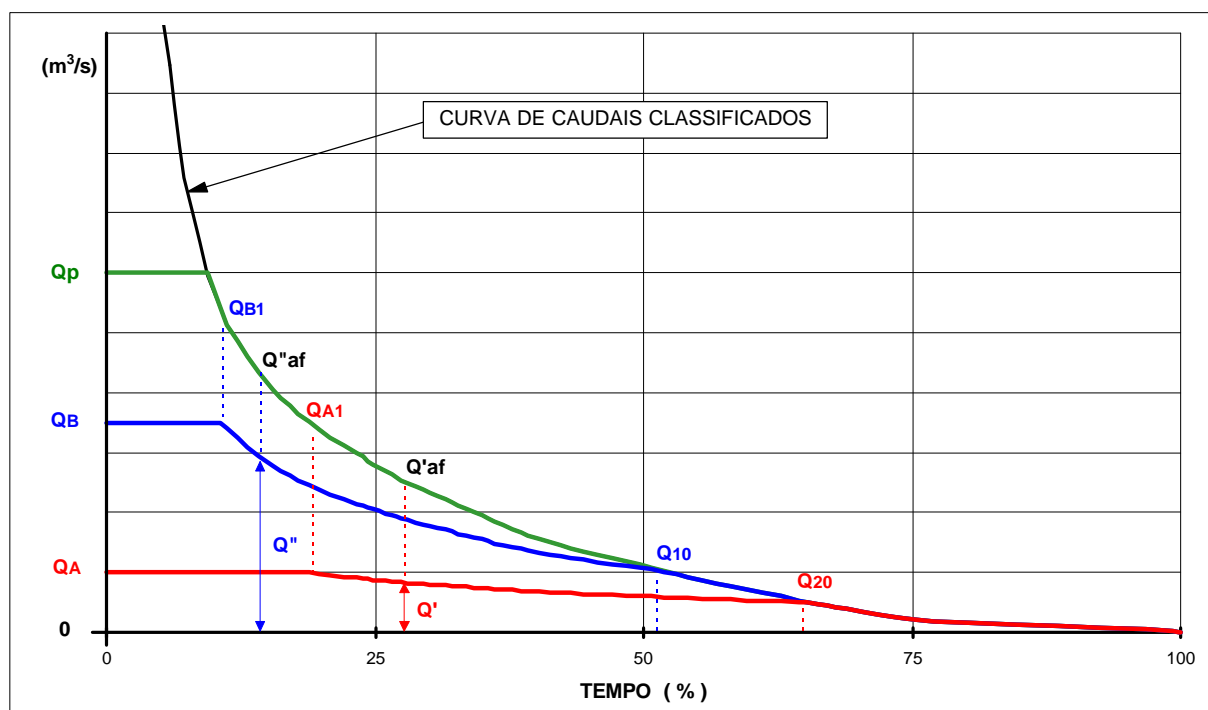
Observa-se também que a utilização da albufeira para efectuar a regularização induz sempre alguma perda de queda, cujo efeito na produtividade não é objecto do presente trabalho, mas que importa não esquecer ao otimizar o dimensionamento da albufeira. A sua importância relativa será, naturalmente, tanto mais reduzida quanto maior for a queda total disponível.

2 - DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A figura 3 ilustra o princípio de cálculo e respectiva representação gráfica. Basicamente, tem-se por objectivo, para cada situação concreta de dimensionamento, definir, na própria curva de caudais classificados, áreas proporcionais aos volumes turbináveis nos períodos tarifários. Assim, a cada intervalo de tempo Δt , no qual o caudal afluyente seja suposto constante, corresponde um volume turbinável elementar, que se procura discriminar nas parcelas colocáveis em cada período.



Faz-se seguidamente a representação gráfica da curva de caudais classificados, com inserção das principais variáveis necessárias, adiante definidas. A partir desta esquematização, são estabelecidas as equações de cálculo elementar para cada período tarifário.



2.1 - Definição das variáveis

Vu - Volume útil (m³);

Qp - Caudal equipado (m³/s);

Qaf - Caudal afluyente, já deduzido dos caudais ecológico e reservado (m³/s);

Qm - Caudal modular (m³/s);

QA - Caudal afluyente mínimo que, armazenado durante 24 horas, permite turbinar com o caudal equipado durante 4 horas (de ponta):

$$QA = Qp / 6 \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (1)$$

QA1 - Caudal afluyente mínimo que, juntamente com o volume útil, permite turbinar com o caudal equipado durante 4 horas (de ponta):

$$QA1 = Qp - (Vu / (4 \times 3600)) \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (2)$$

QB - Caudal afluyente mínimo que, armazenado durante 24 horas, permite turbinar com o caudal equipado durante 14 horas (4 de ponta e 10 cheias):

$$QB = 7 \times Qp / 12 \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (3)$$

QB1 - Caudal afluyente mínimo que, juntamente com o volume útil, permite turbinar com o caudal equipado durante 14 horas (4 de ponta e 10 cheias):

$$QB1 = Qp - (Vu / (14 \times 3600)) \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (4)$$

Q10 - Caudal afluyente limite abaixo do qual só haverá turbinamento em horas de ponta e horas cheias:

$$Q10 = Vu / (10 \times 3600) \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (5)$$

Q20 - Caudal afluyente limite abaixo do qual só haverá turbinamento em horas de ponta:

$$Q20 = Vu / (20 \times 3600) \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (6)$$

Q' - Parcela do caudal turbinável à qual corresponde o volume colocável em períodos horários de ponta, para caudais afluentes entre Q20 e QA1. Esta parcela é calculável em função do volume útil e do caudal afluyente:

$$Q' = (Vu + 4 \times 3600 \times Qaf) / (24 \times 3600) \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (7)$$

Q'' - Parcela do caudal turbinável à qual corresponde o volume colocável em períodos horários de ponta e cheia, para caudais afluentes entre Q10 e QB1. Esta parcela é também calculável, em função do volume útil, e do caudal afluyente:

$$Q'' = (Vu + 14 \times 3600 \times Qaf) / (24 \times 3600) \quad (\text{m}^3/\text{s}); \quad (8)$$

Vtp - Volume turbinável em períodos de ponta (m³);

Vtc - Volume turbinável em períodos de cheia (m³);

Vtv - Volume turbinável em períodos de vazio (m³);

η_G - Rendimento global (turbina, alternador e transformador);

Ep - Energia produtível em ponta (kWh);

Ec - Energia produtível em cheia (kWh);

Ev - Energia produtível em vazio (kWh).

2.2 - Expressões de cálculo para cada período do sistema tarifário

Nos esquemas das figuras 5, 6 e 7 representam-se as áreas às quais correspondem respectivamente os volumes teóricos turbináveis em horas de ponta, cheias e de vazio, definidos a partir da curva de caudais classificados, num aproveitamento com determinado volume útil (**Vu**) e caudal equipado (**Qp**).

2.2.1 - Parcela diária de volume turbinável em horas de ponta

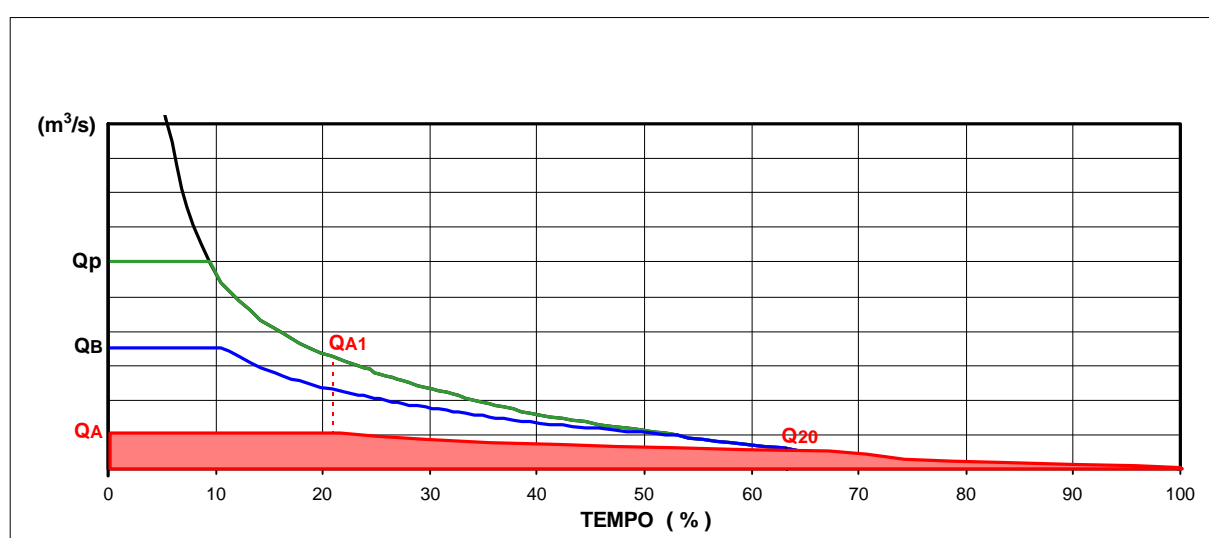


Figura 5 - Volume turbinável em ponta

Condições e expressões de cálculo da parcela de energia produtível em períodos de ponta:

a) Se **Qaf** é maior ou igual a **QA1**, o volume turbinável é:

$$V_{tp} = 4 \times 3600 \times Q_p \quad (\text{m}^3) \quad (9)$$

b) Se **Qaf** é menor que **QA1** e maior ou igual a **Q20**, o volume turbinável é:

$$V_{tp} = Q' \times 24 \times 3600 = V_u + 4 \times 3600 \times Q_{af} \quad (\text{m}^3) \quad (10)$$

c) Se **Qaf** é menor que **Q20**, todo o volume afluente é turbinável em ponta:

$$V_{tp} = 24 \times 3600 \times Q_{af} \quad (\text{m}^3) \quad (11)$$

d) Energia diária produtível em ponta, por metro de queda útil:

$$E_p = 9.81 \times V_{tp} \times \eta_G / 3600 \quad (\text{kWh/m}) \quad (12)$$

2.2.2 - Parcela diária de volume turbinável em horas cheias

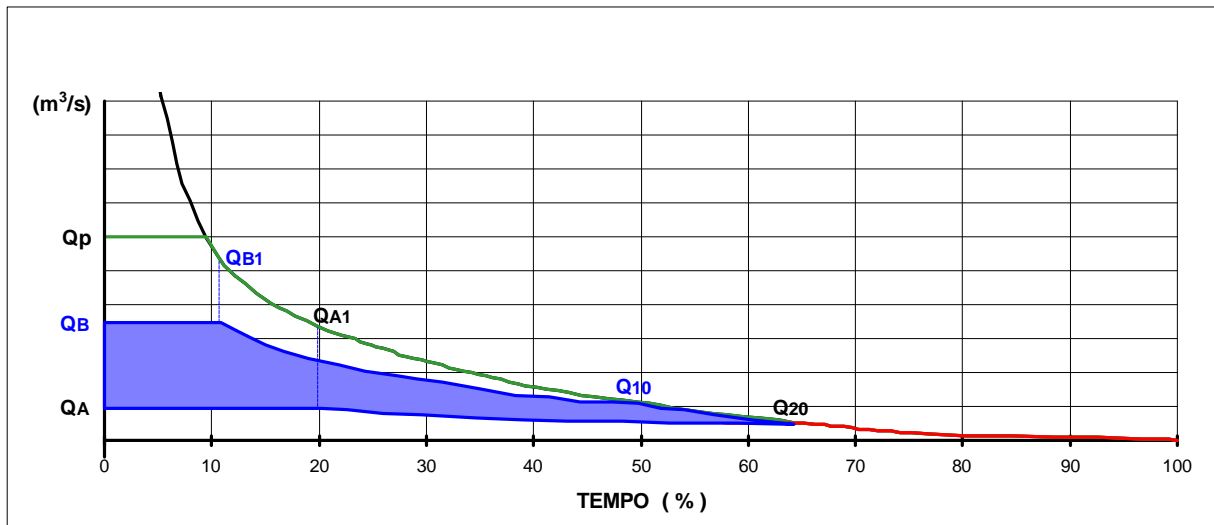


Figura 6 - Volume turbinável em cheia

Condições e expressões de cálculo da parcela de energia produtível em períodos de cheia:

a) Se Q_{af} é maior ou igual a $QB1$, o volume turbinável é:

$$V_{tc} = 10 \times 3600 \times Q_p \quad (m^3) \quad (13)$$

b) Se Q_{af} é menor que $QB1$ e maior ou igual a $QA1$ e $Q10$ é menor que $QA1$, o volume turbinável é:

$$V_{tc} = (Q'' - QA) \times 24 \times 3600 = V_u + 14 \times 3600 \times Q_{af} - 4 \times 3600 \times Q_p \quad (m^3) \quad (14)$$

c) Se Q_{af} é menor que $QA1$ e maior ou igual a $Q10$ e $QA1$ é maior que $Q10$, o volume turbinável é:

$$V_{tc} = (Q'' - Q') \times 24 \times 3600 = 10 \times 3600 \times Q_{af} \quad (m^3) \quad (15)$$

d) Se Q_{af} é menor que $Q10$ e maior ou igual a $QA1$ e $QA1$ é menor que $Q10$, o volume turbinável é:

$$V_{tc} = (Q_{af} - QA) \times 24 \times 3600 = 24 \times 3600 \times Q_{af} - 4 \times 3600 \times Q_p \quad (m^3) \quad (16)$$

e) Se Q_{af} é menor que $Q10$ e maior ou igual a $Q20$ e $QA1$ é maior ou igual a $Q10$, ou se Q_{af} é menor que $QA1$ e maior ou igual a $Q20$ e $QA1$ é menor que $Q10$, o volume turbinável é:

$$V_{tc} = (Q_{af} - Q') \times 24 \times 3600 = 20 \times 3600 \times Q_{af} - V_u \quad (m^3) \quad (17)$$

f) Se Q_{af} é menor ou igual a $Q20$, então, o volume a turbinar é nulo:

$$V_{tc} = 0 \quad (18)$$

g) Energia diária produtível em cheia, por metro de queda útil:

$$E_c = 9.81 \times V_{tc} \times \eta_G / 3600 \quad (kWh/m) \quad (19)$$

2.2.3 - Parcela diária de volume turbinável em horas de vazio

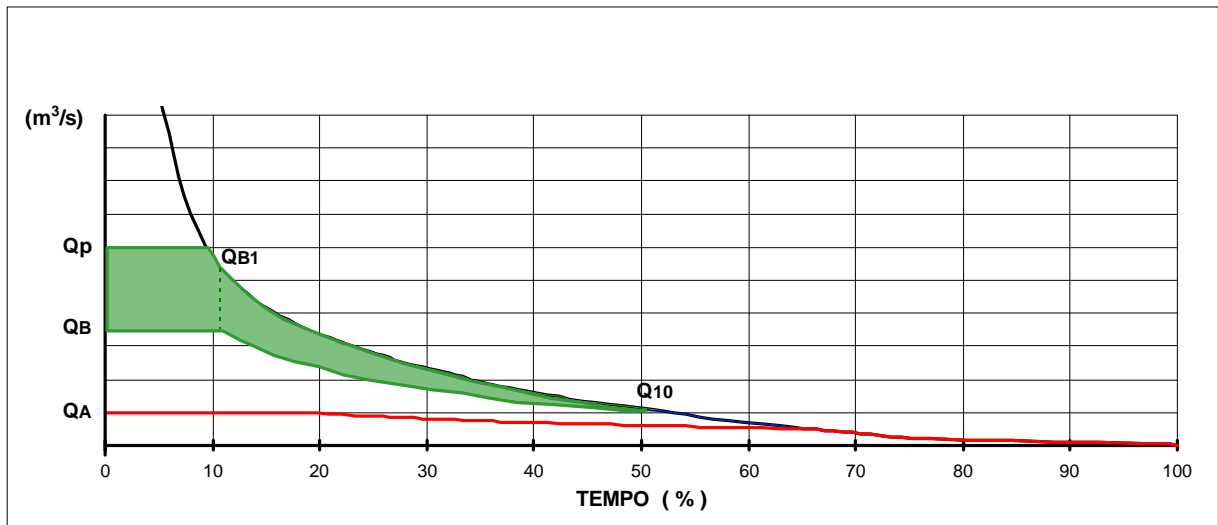


Figura 7 - Volume turbinável em vazio

Condições e expressões de cálculo da parcela de energia produtível em períodos de vazio:

a) Se Q_{af} é maior ou igual a Q_p , o volume turbinável é:

$$V_{tv} = 10 \times 3600 \times Q_p \quad (m^3) \quad (20)$$

b) Se Q_{af} é menor que Q_p e maior ou igual a QB_1 , o volume turbinável é:

$$V_{tv} = 24 \times 3600 \times (Q_{af} - 7 \times Q_p / 12) \quad (m^3) \quad (21)$$

c) Se Q_{af} é menor que QB_1 e maior ou igual a Q_{10} , o volume turbinável é:

$$V_{tv} (Q_{af} - Q'') \times 24 \times 3600 = 10 \times 3600 \times Q_{af} - V_u \quad (m^3) \quad (22)$$

d) Se Q_{af} é menor que Q_{10} , o volume turbinável é nulo:

$$V_{tv} = 0 \quad (23)$$

e) Energia diária produtível em vazio, por metro de queda útil:

$$E_v = 9.81 \times V_{tv} \times \eta_G / 3600 \quad (kWh/m) \quad (24)$$

3 - APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO

3.1 - Definição de curvas adimensionais de caudais classificados

Para proceder à aplicação do modelo começou-se por seleccionar um conjunto variado de regimes hidrológicos, representados na figura 8 através das respectivas curvas de caudais classificados, obtidas em 13 estações hidrométricas, distribuídas pelo norte e centro do País.

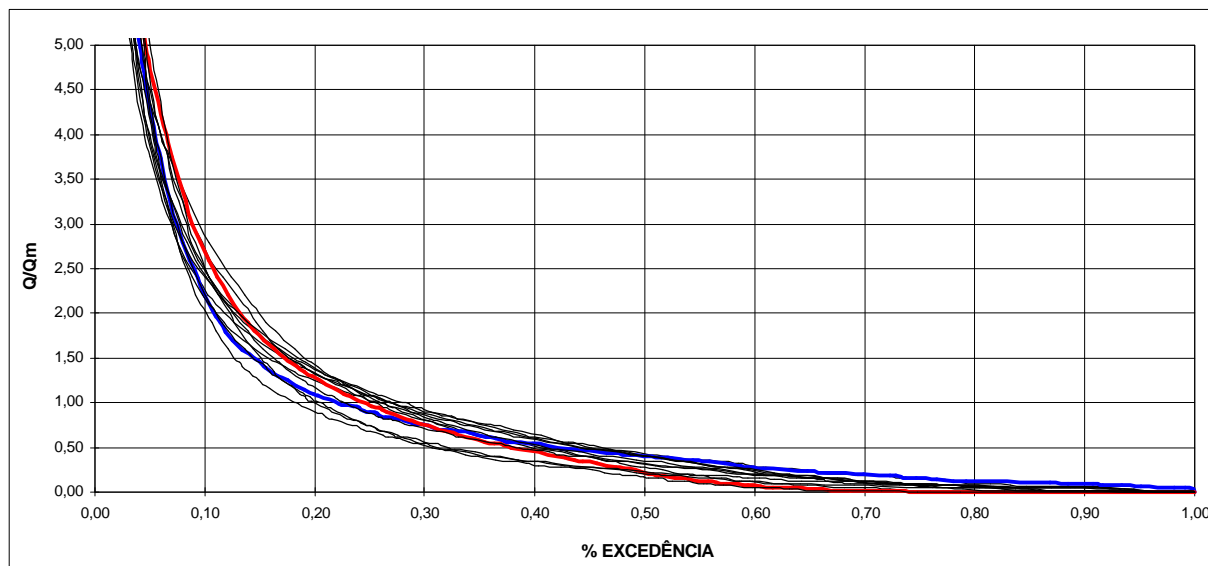


Figura 8- Curvas de caudais classificados adimensionais

Com estas curvas, estabelecidas a partir de caudais médios diários calculados ao longo de períodos que se consideram significativos, pretende-se caracterizar hidrologicamente a parte do País onde se situa a maior parte dos cursos de água com melhores características potenciais para construção de aproveitamentos mini-hídricos.

3.2 - Representação gráfica de algumas situações de aplicação do modelo

Representam-se seguidamente algumas situações que ilustram a forma como evoluem as áreas correspondentes à energia colocável em cada período, em função do nível de regularização, expresso em “horas” de esvaziamento do volume útil com o caudal equipado:

- Exploração a fio-de-água puro (“volume útil = 0”), neste caso evidencia-se o efeito de não ser possível aproveitar os caudais afluentes inferiores ao mínimo turbinável pelos grupos (figura 9);
- Exploração otimizada com “volume útil = 1 hora” (figura 10);
- Exploração otimizada com “volume útil = 2 horas” (figura 11);
- Exploração otimizada com “volume útil = 3.34 horas” (figura 12);
- Exploração otimizada com “volume útil = 5.84 horas” (figura 13).

Importa referir que as figuras 12 e 13 representam dois casos particulares de capacidade de regularização: a figura 12 ilustra a capacidade mínima de regularização que é necessário criar para que seja colocada toda a energia de ponta; a figura 13 representa a capacidade de regularização mínima que é necessário criar a partir da qual, independentemente do caudal afluente, não há mais ganhos por efeito de regularização diária.

Nos exemplos que a seguir se apresentam foram fixadas as seguintes condições:

- caudal equipado igual ao dobro do módulo do rio;
- curva de caudais classificados com características intermédias, escolhida de entre as disponíveis.

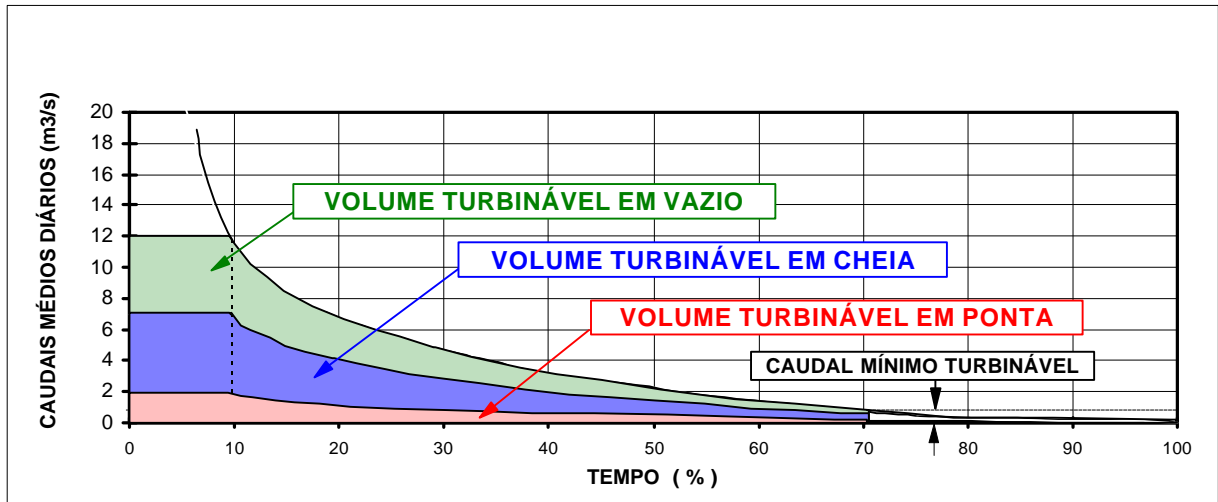


Figura 9 - Volume útil = 0

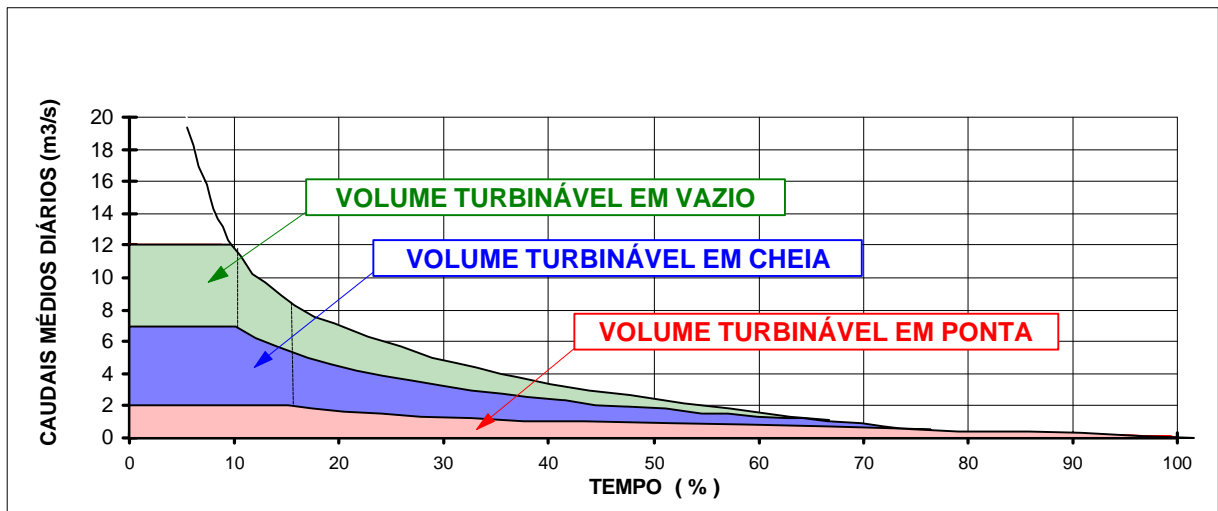


Figura 10 - Volume útil = 1 hora de esvaziamento com Q_p

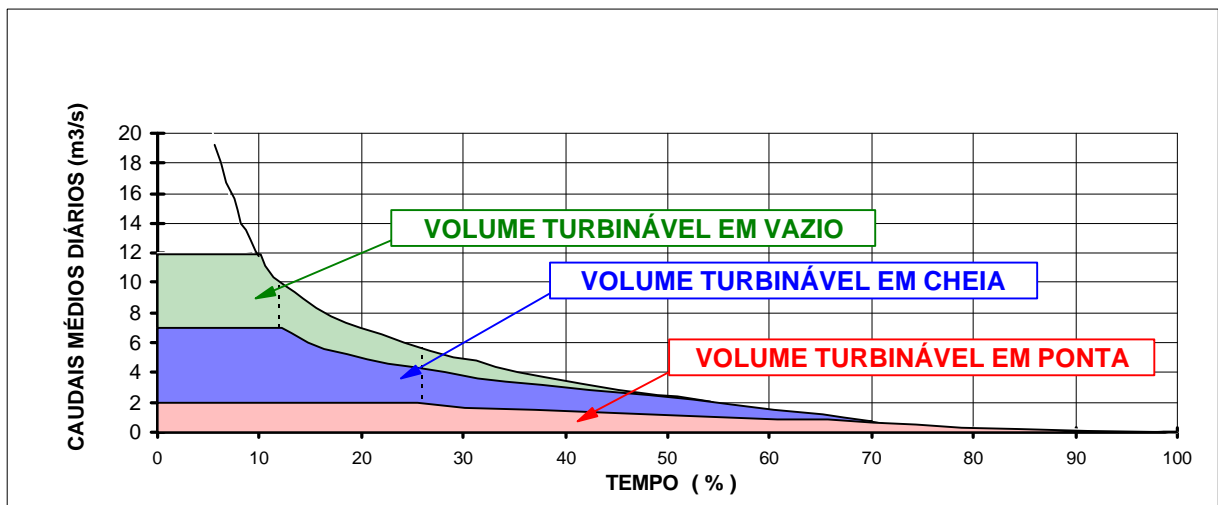


Figura 11 - Volume útil = 2 horas de esvaziamento com Q_p

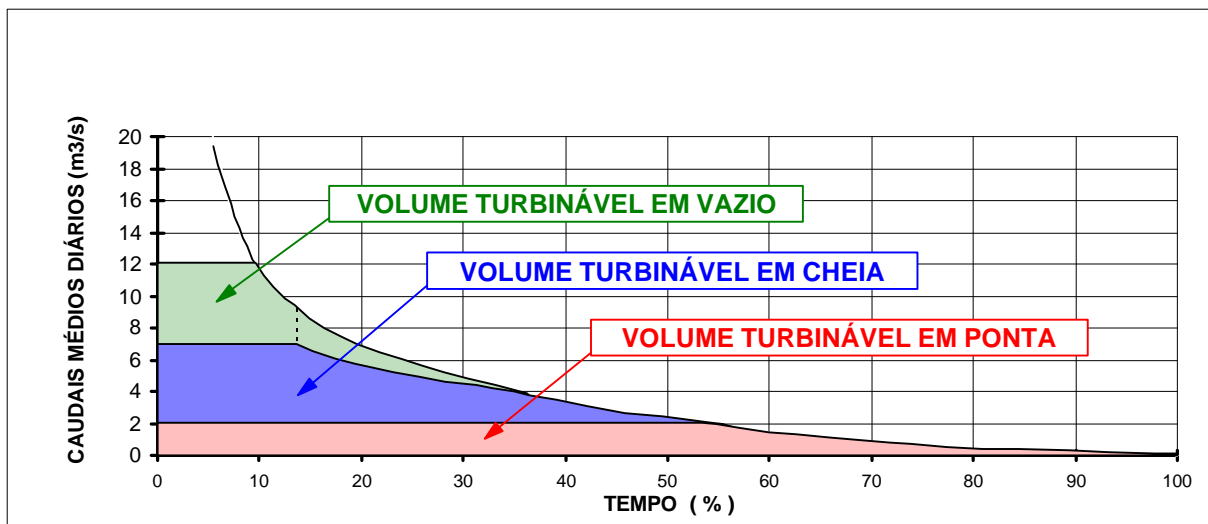


Figura 12 - Volume útil = 3,34 horas de esvaziamento com Q_p

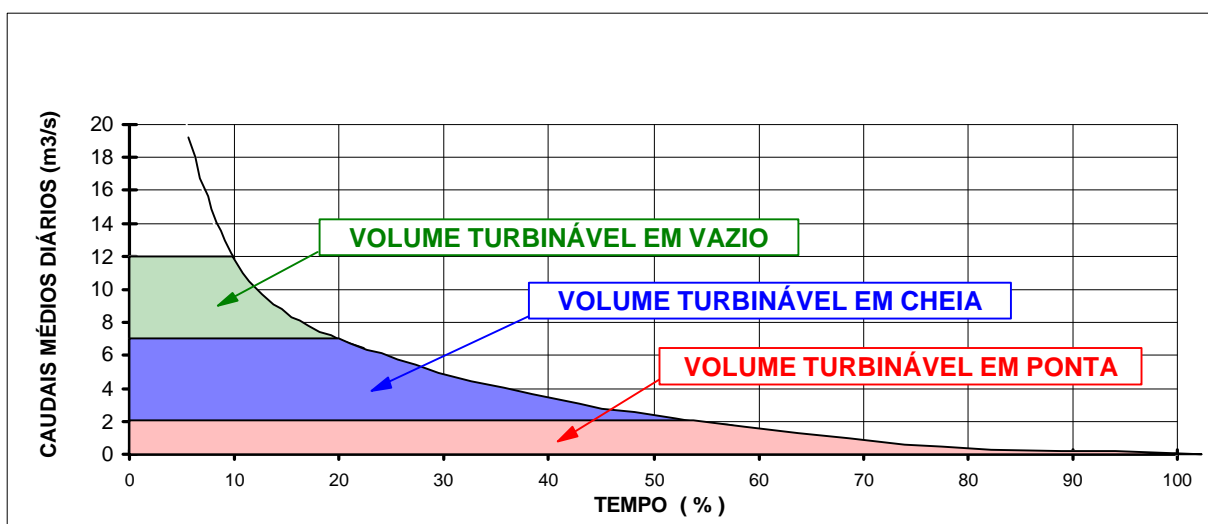


Figura 13 - Volume útil = 5,84 horas de esvaziamento com Q_p

3.3 - Resultados obtidos para duas situações extremas

3.3.1 - Selecção de curvas de caudais classificados com características extremas

Para quantificação dos resultados obtidos com a aplicação do modelo, foram seleccionadas, de entre as séries de caudais registados nas estações hidrométricas disponíveis, duas que representassem situações extremas, do ponto de vista dos benefícios resultantes da regularização diária:

- estação A, “menos favorável”;
- estação B, “mais favorável”.

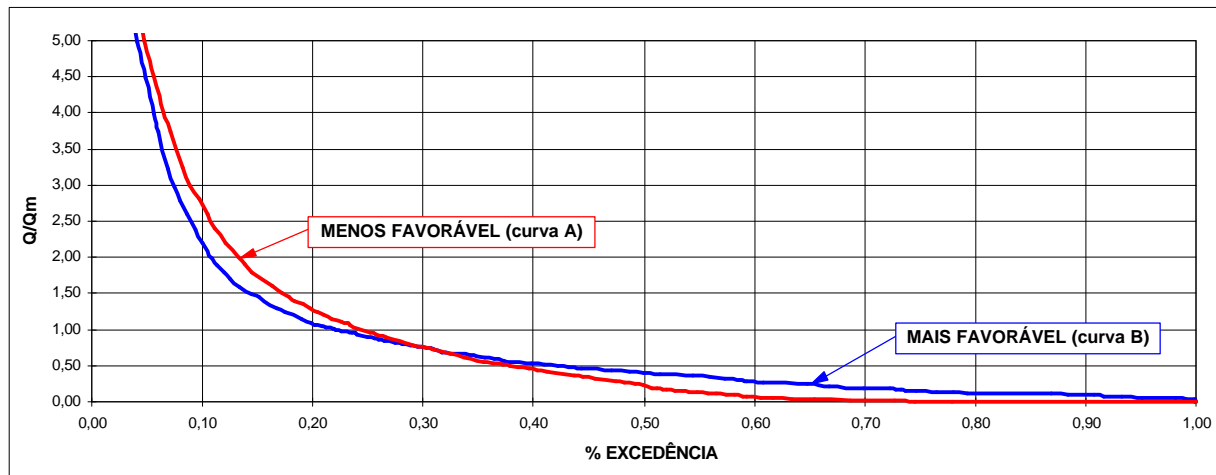


Figura 14 - Curvas adimensionais de caudais classificados, mais e menos favoráveis

Na figura 14, estão representadas unicamente as duas curvas adimensionais referidas, às quais se aplicou o modelo de cálculo.

Importa fazer desde já as seguintes comparações:

- Para caudais inferiores a 75% do módulo do rio, que ocorrem durante cerca de 70% do tempo total, a “estação B” apresenta uma maior relação aflúências/módulo (aflúncia relativa), mantendo-se com caudal durante todo o período, enquanto que a “estação A” chega mesmo a secar durante cerca de 25% do tempo.
- Para caudais superiores a 75% do módulo do rio, que ocorrem em cerca de 30% do tempo total, é a “estação A” que apresenta maiores aflúências relativas, o que corresponde a um regime com características mais torrenciais.

3.3.2 - Aproveitamento dos caudais afluentes inferiores ao mínimo turbinável

Conforme referido no ponto 1, a possibilidade de aproveitar as aflúências inferiores ao mínimo turbinável é um ganho adicional imputável à existência de uma albufeira capaz de efectuar alguma regularização, o que se traduz por um aumento da energia produtível no escalão.

Naturalmente que haverá que estudar, em cada caso, a viabilidade de realizar a concentração de aflúências necessária para evitar a perda dos caudais mais baixos, tendo em consideração as condicionantes de tipo ambiental que eventualmente existam.

No presente trabalho foi avaliada a importância relativa deste benefício, valorizando a energia adicional produtível com tarifa correspondente à situação de fio-de-água.

As conclusões obtidas encontram-se resumidas na tabela seguinte, distinguindo-se resultados para as seguintes situações:

- duas estações de características extremas;
- duas alternativas para o nível de equipamento, representado pela relação “R” entre o caudal equipado e o módulo do rio : R=1 e R=2;
- duas alternativas correntes para o caudal mínimo turbinável: 1/4 e 1/6 do caudal equipado.

Fica evidenciada, conforme seria de esperar, uma importante dependência do ganho energético em relação a estes três factores.

REGIME HIDROLÓGICO	NÍVEL DE EQUIPAMENTO	Q. mín. turb. = Qp/6	Q. mín. turb. = Qp/4
Estação A "menos favorável"	R = 1	3%	5%
	R = 2	6%	11%
Estação B "mais favorável"	R = 1	6%	11%
	R = 2	16%	24%

3.3.3 - Efeito da regularização no valor médio do kWh produtivo

O modelo foi aplicado às duas séries atrás referidas, obtendo-se os valores médios do kWh em função dos parâmetros de dimensionamento do aproveitamento que o condicionam, designadamente:

- o nível de equipamento, representado pela relação (R) entre o caudal equipado e o módulo do rio;
- a capacidade de regularização, representada pelo tempo de esvaziamento da albufeira com o caudal equipado, ou seja, pelo quociente (que se expressa em horas) entre o volume útil e o caudal equipado.

Os resultados obtidos encontram-se representados em três gráficos (figuras 15, 16 e 17), construídos por forma evidenciarem a variação das grandezas intervenientes.

- Curvas de variação do valor do kWh com o tempo de esvaziamento da albufeira, utilizando como 3º parâmetro o nível de equipamento. Representam-se curvas para as estações “A” e “B” e para níveis de equipamento R=1, R=2, e R=3 (figura 15).
- Gráfico idêntico ao anterior, mas com o valor do kWh expresso em termos relativos, tomando como referência a valorização para a situação de fio-de-água (figura 16).
- Curvas de variação do valor do kWh com o nível de equipamento “R”, utilizando como 3º parâmetro o tempo de esvaziamento “T” da albufeira, expresso em horas. Representam-se igualmente as curvas para ambas as estações “A” e “B”(figura 17).

Sobre estes resultados fazem-se os seguintes comentários:

- A criação de regularização diária pode proporcionar um acréscimo significativo no valor unitário do kWh produzido, sendo apreciáveis os ganhos originados por aumentos do volume útil até ao equivalente a cerca de 3,5 horas de esvaziamento com o caudal equipado. A partir daí, os benefícios marginais reduzem-se muito, acabando por se anular para volumes acima de 5,84 horas de esvaziamento.
- Este efeito de valorização adicional em relação ao valor de base correspondente a uma situação de fio-de-água depende fortemente do nível de equipamento. De facto, ao tomar, como exemplificação, a estação mais favorável e um volume útil da ordem de 3 horas de esvaziamento, enquanto que, para um caudal equipado igual ao módulo, o acréscimo de valorização pouco passa de 15%, um caudal equipado igual

ao dobro ou triplo do módulo já possibilita acréscimos de cerca de 25%, e 30%, respectivamente.

- A valorização em causa é também influenciada pelo regime hidrológico. Entre as situações extremas analisadas, (“estação A” e “estação B”) e para idêntico nível de caudal equipado, observaram-se diferenças que oscilam entre cerca de 5% e 8%.

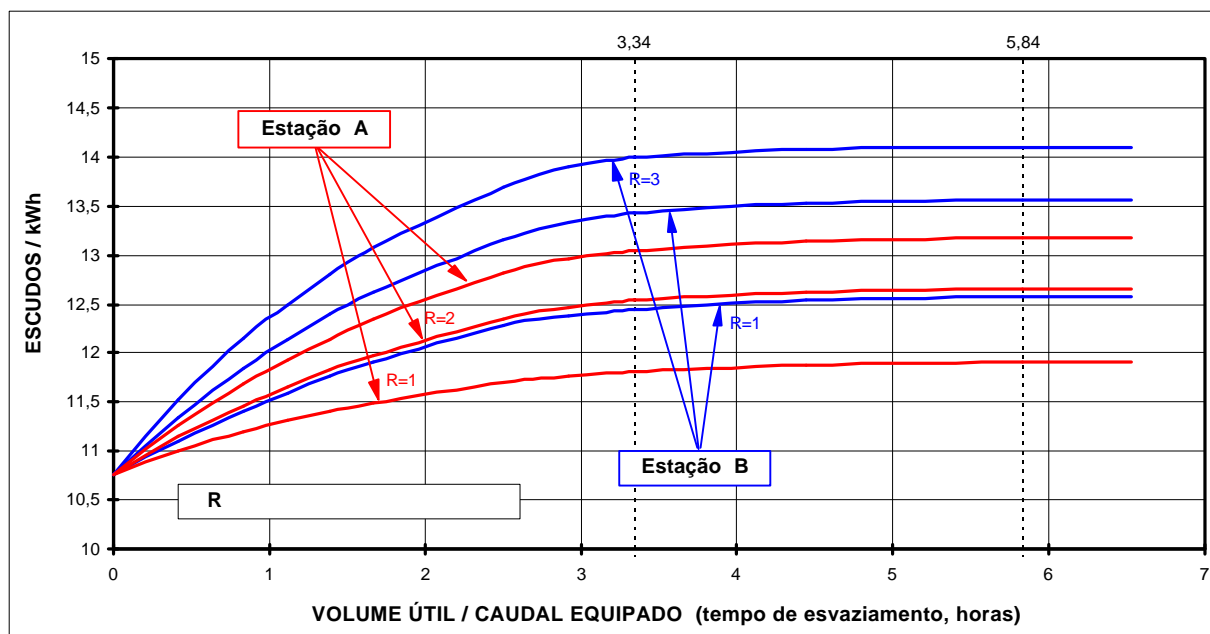
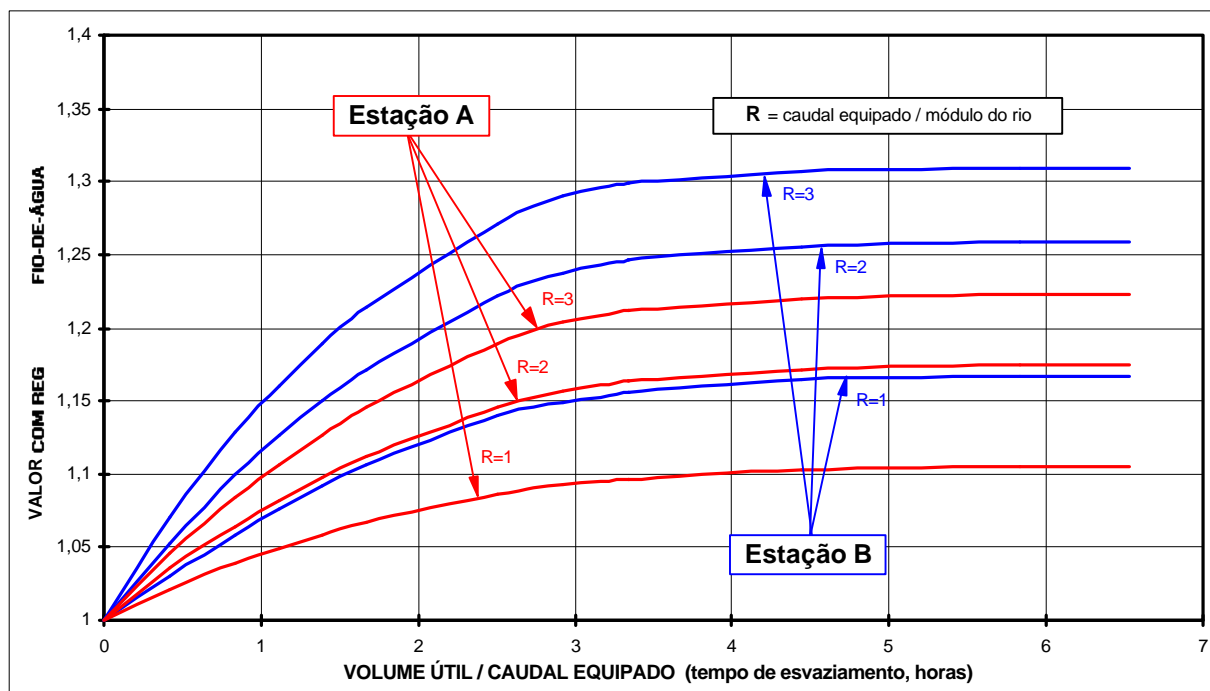


Figura 15 - Variação do valor do kWh com a capacidade de regularização



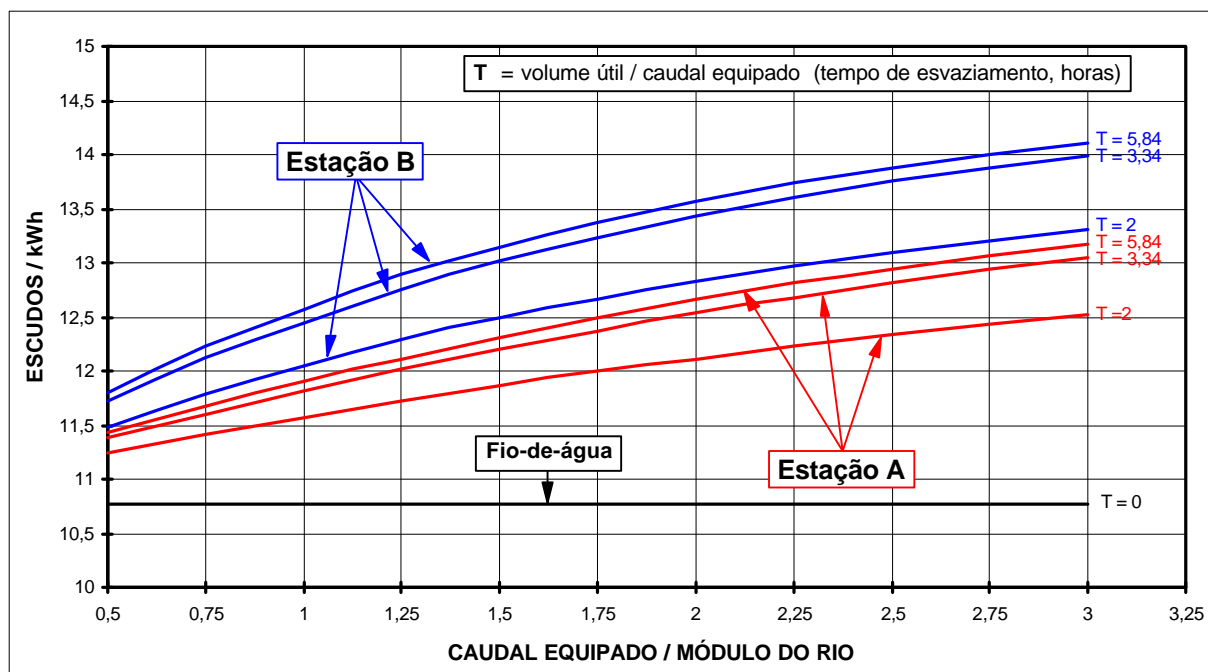


Figura 17 - Variação do valor do kWh com o nível de equipamento

3.3.3 - Efeito da existência de caudais ecológicos ou reservados

A existência de caudais ecológicos ou reservados tem naturalmente influência na produtibilidade do aproveitamento, directamente relacionada com a parcela de afluências que, eventualmente, deixará de ser turbinável.

Pelo contrário, no que diz respeito ao efeito na valorização da energia, e após ensaios efectuados com o modelo de cálculo para valores do caudal ecológico até 10% do módulo do rio, concluiu-se que a redução percentual do valor unitário do kWh não atinge 2%, mesmo em situações desfavoráveis de dimensionamento e de regime hidrológico.

3.3.4- Riscos de erro resultantes da utilização de caudais médios diários

Pelo facto de, na aplicação do modelo, se utilizarem caudais médios diários afluentes ao aproveitamento, e mesmo que tais caudais correspondessem rigorosamente à realidade, correm-se riscos de erro nos resultados obtidos, fundamentalmente devidos a duas causas:

- Utilização de caudais médios diários, quando, teoricamente, se deveriam utilizar caudais muito próximos dos instantâneos.
- A gestão diária pressupõe o conhecimento antecipado das afluências, o que não é, evidentemente possível.

Para avaliar o primeiro risco, analisaram-se diversos hidrogramas de caudais instantâneos de diferentes estações hidrométricas, a partir dos quais se concluiu que as grandes variações de caudal ao longo de um dia, susceptíveis de introduzir erro, ocorrem, em grande parte dos casos, em períodos nos quais o caudal afluente já é superior ao caudal

equipado, não influenciando nestas situações, o valor da energia. Em termos gerais, considera-se, portanto, que este risco de erro não tem significado apreciável.

Quanto à segunda causa de erro, e para estudo do seu efeito, fez-se uma simulação da valorização do kWh turbinando os caudais afluentes de cada dia utilizando gestão otimizada com base nos caudais da véspera. Por comparação do resultado assim obtido com o correspondente à aplicação normal do modelo verificou-se que o desvio médio não ultrapassava 2%.

Em conclusão, pode considerar-se que a variação natural dos caudais afluentes não tem influência significativa no cálculo do valor médio do kWh obtido por aplicação do modelo.

4 - VARIAÇÃO DO VAL COM O NÍVEL DE EQUIPAMENTO

Por fim, e para ilustrar a utilidade da aplicação do modelo na análise económica de aproveitamentos mini-hídricos com regularização diária, construiu-se um exemplo teórico de optimização do volume útil, onde se evidencia o intervalo de valores que se afigura com maior interesse potencial para maximizar a rentabilidade dos investimentos (ver figura 18).

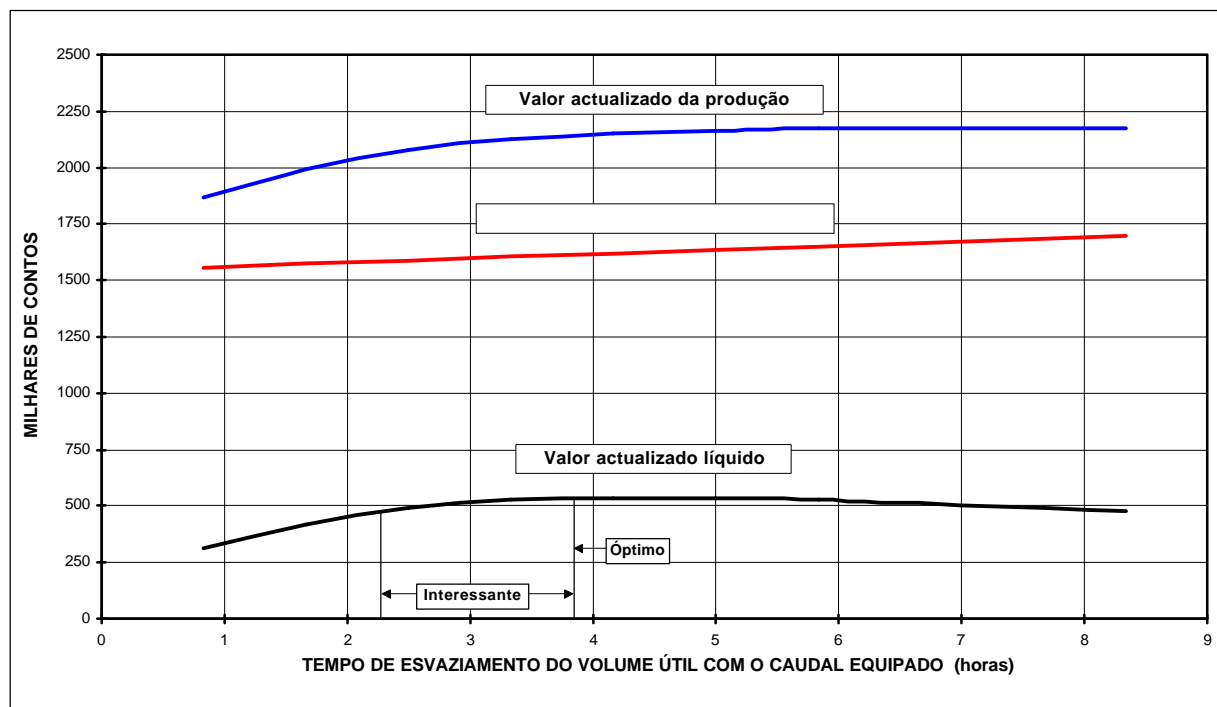


Figura 18 - Ilustração da progressão da curva do VAL

Aponta-se, assim, para uma gama de volumes próximos do correspondente a 3 horas de esvaziamento com o caudal equipado. Neste exemplo, utilizou-se uma taxa de actualização de 8% e um período de vida útil do aproveitamento de 25 anos.

Para salientar a importância das mais valias obtidas por efeito da regularização, e apenas por aumento do valor unitário do kWh, impôs-se um investimento de referência que conduzisse, para uma exploração a fio-de-água puro, a uma Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) de 8%, ou seja, no caso presente, a um Valor Actualizado Líquido (VAL) nulo.