



GRUPO VII

GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GPL

**SINV – SISTEMA PARA ESTUDOS ENERGÉTICOS E SÓCIO-AMBIENTAIS DE INVENTÁRIOS
HIDROELÉTRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Fernanda da Serra Costa^{*(1,2)}

Jorge Machado Damázio^(1,2)

Igor Pinheiro Raupp⁽¹⁾

⁽¹⁾ **CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica**

⁽²⁾ **UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

RESUMO

Este artigo apresenta a nova versão do Sistema SINV – Sistema para Estudos de Inventário Hidroelétrico, ferramenta computacional de auxílio aos Estudos Energéticos e Socioambientais. Esta nova versão foi desenvolvida para incorporar as metodológicas propostas na recente revisão do Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Para exemplificar a utilização do sistema utilizou-se uma bacia hidrográfica hipotética.

PALAVRAS-CHAVE: inventário hidroelétrico; planejamento da expansão, estudos energéticos e socioambientais.

1.0 INTRODUÇÃO

O planejamento do aproveitamento dos recursos hidroelétricos do país vem sendo feito através de uma seqüência de estudos que considera horizontes temporais abrangentes e aproximações sucessivas até a tomada de decisão efetiva. No estudo de Longo Prazo, com horizonte de até 30 anos são confrontadas a evolução do mercado de energia elétrica e as disponibilidades de fontes energéticas primárias. Para as bacias consideradas prioritárias, programam-se seus Inventários Hidroelétricos.

Para orientar os Estudos de Inventário existe o Manual de Inventário (1). De forma a facilitar a realização dos Estudos Energéticos e Sócio-ambientais foi desenvolvido o Sistema SINV – Sistema para Estudos de Inventário como uma ferramenta para a execução dos Estudos Energéticos, Sócio-ambientais e de comparação e seleção de alternativas de divisão de quedas. O Sistema permite:

- a. O dimensionamento energético e análise de viabilidade econômico-energética de projetos;
- b. A avaliação econômico-energética de alternativas de divisão de quedas;
- c. A priorização econômico-energética dos projetos de uma alternativa de divisão de quedas;
- d. A consideração de cenário de usos múltiplos d'água;
- e. O armazenamento, edição e impressão de informações sobre os Estudos Ambientais (componentes-sínteses e sub-áreas correlatas e índices de intensidade de impacto sócio-ambiental causados por projetos em cada sub-área);
- f. O cálculo de índices de impacto ambiental negativo de alternativas de divisão de quedas; e
- g. A comparação e seleção de alternativas de divisão de quedas segundo enfoque multiobjetivo, adotando como critério básico a maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos.

Em 1997 este Manual foi um avanço, tendo sido um dos primeiros esforços para a incorporação da dimensão ambiental e dos usos múltiplos da água dos Estudos Energéticos. Entretanto, devido ao seu pioneirismo, muito da legislação referente às questões sócio-ambientais e de usos múltiplos da água ainda não estavam estabelecidas.

Nos últimos anos houve grande avanço na questão das águas e do meio ambiente no Brasil, sendo os dois eventos mais recentes a adoção da Avaliação Ambiental Integrada (AAI) como parâmetro de avaliação para os aproveitamentos a serem estudados nas bacias hidrográficas do País e a finalização do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Neste sentido, o MME decidiu coordenar o processo de revisão dos critérios e metodologias do Manual de Inventário de 1997. Esta revisão, que teve início em Setembro de 2005, vem sendo realizada através de um Grupo de Trabalho formado por técnicos do MME, CEPEL, EPE, MMA, ELETROBRAS, FURNAS, CHESF, ELETROSUL, ELETRONORTE, ANA, ANEEL, diversas empresas com experiência em realização de Inventários e representantes de associações de classe. Pretende-se que esta revisão esteja concluída em Julho de 2007. Até o momento vários aprimoramentos já foram introduzidos no Manual de Inventário, podendo-se destacar: a introdução de um item específico sobre Estudos de Usos Múltiplos da Água, que orienta a construção dos cenários de usos múltiplos; a compatibilização da metodologia dos Estudos Sócio-ambientais com a Avaliação Ambiental Integrada; a consideração dos impactos sócio-ambientais positivos e a alteração da análise multi-objetivo para seleção da melhor alternativa de divisão de quedas (2).

Durante essa revisão o sistema SINV vem sendo atualizado de forma a contemplar as novas metodologias e procedimentos que estão sendo incluídos no Manual, para que, ao final dessa revisão, o sistema SINV continue sendo uma ferramenta para auxiliar nos Estudos Energéticos e Sócio-ambientais, assim como na análise multi-objetivo para seleção da melhor alternativa, em particular a extensão da análise para contemplar o novo critério básico que incorpora os impactos sócio-ambientais positivos como um eixo auxiliar. Este artigo apresenta a nova versão do Sistema SINV que já contempla o cálculo dos impactos sócio-ambientais positivos e a nova análise multi-objetivo e outros aprimoramentos metodológicos e facilidades para manipulação de dados e resultados, como o novo banco de dados e interface gráfica. É apresentado um exemplo de aplicação do sistema.

2.0 APRIMORAMENTOS NAS METODOLOGIAS DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO

Os Estudos de Inventário Hidroelétrico de bacias hidrográficas têm por objetivo a análise das possíveis alternativas de divisão de quedas da bacia em estudo para a seleção da “melhor” alternativa, segundo o critério básico “maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos sócio-ambientais negativos” (1). Os Estudos de Inventário são constituídos de duas etapas: Estudos Preliminares e Estudos Finais. O objetivo dos Estudos Preliminares é reduzir o número de alternativas, cujas análises serão aprofundadas nos Estudos Finais, onde é a selecionada a melhor alternativa. Nas duas etapas, os estudos realizados podem ser agrupados em: Estudos de Engenharia, Estudos Energéticos, Estudos Socioambientais e Estudos de Usos Múltiplos da Água. Este último está sendo introduzido de forma mais explícita, nesta revisão.

Os Estudos onde foram propostos os principais aprimoramentos metodológicos foram os Estudos Socioambientais e os Estudos de Usos Múltiplos da Água, como esperado, tendo em vista os avanços, já citados acima, na questão das águas e do meio ambiente no Brasil. A análise multi-objetivo para seleção da melhor alternativa foi alterada para se adequar aos novos critérios. Os Estudos de Engenharia e Energéticos passaram por atualizações e adaptações para compatibilização com os aprimoramentos propostos nos dois primeiros estudos.

Em relação aos Estudos de Usos Múltiplos da Água, os avanços alcançados na questão das águas no Brasil desde 1997, entre os quais destacam-se: a publicação da lei 9433, denominada Lei das Águas, a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) e a publicação do PNRH, tornaram mais clara a necessidade de considerar, na avaliação e comparação das diversas alternativas de divisão de queda, os usos múltiplos da água e sua interação com a proposta de aproveitamento energético, com o objetivo de minimizar os conflitos, buscando racionalizar a utilização dos recursos disponíveis. Na revisão do Manual destaca-se a necessidade da realização de um diagnóstico da situação atual dos diversos usos da água na bacia hidrográfica em estudo antes da elaboração do cenário de usos múltiplos da água. Este cenário deverá ter um horizonte compatível com o do PNRH e deverá ter como critério de construção o princípio da razoabilidade para a adoção das projeções dos diversos usos da água na bacia. Outrossim, na análise dos planos setoriais existentes deve ser observado o princípio da factibilidade.

Nos Estudos Socioambientais destacam-se: a revisão da metodologia para incorporação da Avaliação Ambiental Integrada (AAI), a criação de um capítulo especial para análises específicas relacionadas a AAI da alternativa escolhida nos Estudos Finais e a incorporação de metodologia para avaliação de impactos socioambientais positivos nos Estudos Finais. No cálculo dos impactos socioambientais positivos propõe-se considerar quatro elementos de caracterização: melhoria da infra-estrutura rodoviária, aumento da arrecadação (devido à compensação pelos usos dos recursos hídricos, iss, etc), dinamização do mercado de trabalho local e oportunidade de viabilização do uso racional dos recursos hídricos. A metodologia proposta para cálculo destes impactos encontra-se descrita em (3).

A incorporação dos impactos socioambientais positivos levou à necessidade de redefinição do critério básico para a seleção da melhor alternativa de divisão de quedas nos Estudos Finais. Na versão de 1997 do Manual de Inventário, este critério consistia na “maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos”, o que levou a uma análise multi-objetivo, onde tanto o impacto socioambiental negativo, quanto a eficiência econômico-energética eram traduzidos por índices entre zero e um e a agregação destes índices em um único índice de preferência para a comparação das alternativas era obtida por:

$$I = p_{cb} \times \frac{ICB}{CUR} + p_{an} \times IAn \quad (1)$$

$$\text{onde: } p_{cb} + p_{an} = 1 \quad p_{cb} \geq 0 \quad p_{an} \geq 0$$

p_{cb} - peso que reflete a importância relativa do objetivo: “minimização do índice custo-benefício energético”;
 p_{an} - peso que reflete a importância relativa do objetivo: “minimização do índice de impacto ambiental negativo”;
 ICB - índice custo/benefício energético, em US\$/MWh;
 CUR - custo unitário de referência, em US\$/MWh
 IAn - índice de impacto socioambiental negativo (o valor 1 representa a total degradação da bacia e o valor zero nenhum impacto negativo na bacia).

Na atual revisão do Manual de Inventário o critério básico para a escolha da melhor alternativa de divisão de quedas foi alterado para: “maximização da eficiência econômico-energética, em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos, levando-se em conta os impactos positivos oriundos da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos na bacia”. Existem várias formas para incorporar os impactos socioambientais positivos na abordagem multi-objetivo, tendo se optado por manter os dois índices que traduzem a intensidade dos impactos negativos e positivos sobre a área de estudo separadamente, evitando-se assim, compensação direta entre os impactos socioambientais negativos e positivos. Num primeiro momento calcula-se o índice de preferência I , conforme (1) e numa segunda análise, incorpora-se à hierarquia definida pelo índice I , um índice de impactos positivos IAp, o qual quanto mais próximo do valor um estiver, melhor a situação da alternativa. Como no caso dos índices de custo/benefício e socioambiental negativo, a melhor situação tem sentido inverso (quanto mais próximo de um pior a alternativa) para a agregação de IAp com I , utiliza-se o complemento de IAp. Assim, o índice de preferência modificado I' , é dado por:

$$I' = (1-p_{ap}) \cdot I + p_{ap} \cdot (1-IAp) \quad \text{sendo: } 0 \leq p_{ap} \leq 1 \quad (2)$$

Onde:

IAp : é o índice de impacto socioambiental positivo

P_{ap} : peso que reflete a importância relativa dos impactos socioambientais positivos em relação a I .

No capítulo especialmente introduzido para análises específicas relacionadas a AAI destacam-se: a elaboração de um cenário futuro de desenvolvimento da bacia, a elaboração de diretrizes a serem incorporadas nos futuros Estudos Socioambientais dos aproveitamentos hidrelétricos, visando subsidiar o processo de licenciamento ambiental, bem como a elaboração de diretrizes gerais para a implantação dos futuros empreendimentos da alternativa escolhida nos Estudos Finais, com a caracterização da alternativa de divisão de quedas. A caracterização da alternativa escolhida deve constar, além de mapa com a localização dos aproveitamentos, dos seguintes tópicos: energia firme total da alternativa, energia firme renunciada (diferença entre a energia firme máxima gerada na bacia e a energia firme da alternativa), custo total da alternativa, índices de impacto socioambiental negativo por componente-síntese e sub-área, índices de impacto socioambiental positivo por elemento do sistema ambiental e sub-área e, para cada aproveitamento, informar o ganho de energia firme que ele agrega a alternativa e sua participação nos índices de impactos socioambientais positivos e negativos globais da alternativa sobre a bacia.

3.0 A NOVA VERSÃO DO SISTEMA SIN V

O sistema SIN V em sua nova versão, além de incorporar novas funções, necessárias para suportar os aprimoramentos metodológicos propostos na revisão do Manual de Inventário, foi também totalmente reformulado no que se refere a sua arquitetura, camadas de acesso aos dados e sistema de armazenamento de dados.

Uma das principais motivações para a reformulação de sua estrutura foi a introdução do SIN V no sistema ENCAD – Sistema para encadeamento de modelos desenvolvidos e propostos pelo CEPEL para o planejamento da expansão e operação energética. O objetivo principal do sistema ENCAD é facilitar a manipulação de informações entre os modelos de diferentes níveis hierárquicos, permitindo que o conjunto de informações produzidas por modelos de nível hierárquico superior sejam compartilhadas com os modelos de nível hierárquico inferior, garantido maior segurança, através de um conjunto de procedimentos de validação. No caso do SIN V, o ENCAD permitirá troca de informações diretas com os modelos usados no planejamento da expansão (MELP e NEWAVE). O ENCAD possui interfaces gráficas também para os modelos Newave, Suishi, Gevazp, Confint, Previvaz, PrevivazH, Decomp, Dessem e Newave Paralelo utilizados para o planejamento da operação. Para se adequar ao ENCAD a nova versão do SIN V utilizou como linguagens de programação o Visual Basic para a Interface com o usuário, e o Java para a camada de acesso a dados, que são armazenados em um Banco de Dados MySQL.

Na nova versão do SIN V todas as funções, disponíveis na versão anterior (4, 5 e 6), referentes aos Estudos Energéticos foram preservadas quase que integralmente, destacando-se apenas a introdução da consideração de fatores de indisponibilidade programada na Simulação (utilizada para cálculo da energia firme das alternativas e aproveitamentos) e a atualização da fórmula de cálculo dos custos de operação e manutenção dos

aproveitamentos. Foi criada uma nova função relacionada com os Estudos Energéticos e de Usos Múltiplos da Água para determinação do tempo necessário para enchimento de reservatórios, uma vez que no novo Manual pretende-se incluir uma restrição no tamanho dos volumes úteis dos reservatórios que deve garantir que os mesmos reencham em no máximo 36 meses após o período crítico.

O conjunto de funções relacionadas aos Estudos Socioambientais foi expandido incorporando o cálculo dos índices de impacto socioambiental positivos de cada alternativa a partir de avaliações de impactos positivos por aproveitamento, por elemento de avaliação e sub-área fornecidos pelos especialistas.

Para a incorporação dos impactos socioambientais positivos foi criada uma função complementar para a análise multi-objetivo nos Estudos Finais que, a partir do índice de preferência e do índice de impacto socioambiental positivo, calcula o índice de preferência modificado para a seleção final da melhor alternativa, conforme orientação do novo Manual.

Finalmente, para auxiliar a AAI na caracterização da alternativa selecionada nos Estudos Finais foi criada uma nova função que permite calcular para cada aproveitamento o ganho de energia firme que ele agrega a alternativa e sua participação nos índices de impactos socioambientais positivos e negativos globais da alternativa sobre a bacia.

A nova versão incorpora ainda facilidades para armazenamento e gerenciamento dos dados específicos das funções e seus resultados possibilitando a diminuição e até mesmo a eliminação de diversas dificuldades associadas ao trabalho.

4.0 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para demonstrar a utilização do sistema SINV, considerou-se uma bacia hipotética com 26 possíveis aproveitamentos distribuídos em 21 alternativas de divisão de quedas nos Estudos Preliminares. A Figura 1a mostra a criação de um estudo de inventário no ENCAD-SINV através da importação de um estudo executado com a versão antiga do SINV. A Figura 1b apresenta a topologia desta bacia hipotética considerando todos os 26 locais barráveis.

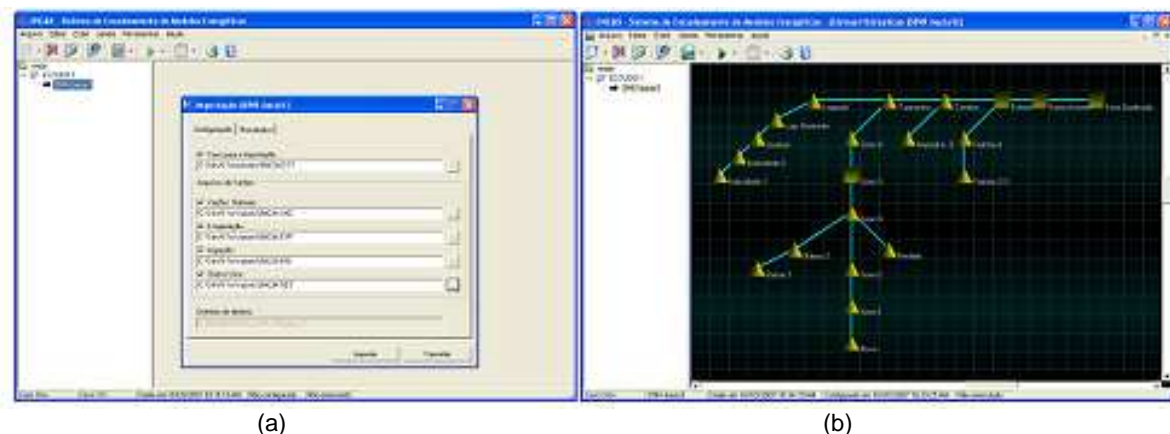


Figura 1: (a) Importação de um estudo de uma versão antiga do SINV e (b) Topologia da bacia.

As informações relativas aos locais barráveis e aos projetos podem ser alteradas ou fornecidas (em caso de estudo novo) através de caixa de diálogo específica, clicando-se duas vezes no respectivo local barrável ou aproveitamento. No SINV as informações gerais da bacia, para cada tema específico (Sistema de Referência, Recursos Hídricos, Sistema Socioambiental), possuem telas próprias, onde se pode fornecer, alterar e visualizar os respectivos dados. A Figura 2a apresenta a tela das informações gerais da bacia referentes aos Recursos Hídricos e a sua localização no menu do Sistema ENCAD-SINV. A Figura 2b mostra a tela das informações relacionadas ao Sistema de Referência, tais como: período crítico, custo de referência de energia e de ponta, taxa de desconto, etc.

A Figura 3a mostra a tela onde podem ser visualizadas as informações referentes a cada conjunto de alternativas do estudo (Originais Preliminares, Modificadas Preliminares, Otimizadas Preliminares, Originais Finais, Modificadas Finais, Otimizadas Finais e Hierarquizadas Finais). Nesta Figura são apresentados os dados de uma alternativa do conjunto Otimizadas Preliminares. No ENCAD-SINV, as funções do Sistema SINV se encontram em um único menu, apresentado na Figura 3b, o primeiro grupo se refere a funções para os Estudos Energéticos, o usuário pode optar por executá-las utilizando fórmulas simplificadas (recomendadas nos Estudos Preliminares) ou simulação da bacia (no caso dos Estudos Finais). Na função "Calculo do Impacto da Alternativa", foi incluído o cálculo dos impactos socioambientais positivos. O terceiro conjunto de funções compreende a análise multi-

objetivo para a seleção das alternativas tanto nos Estudos Preliminares quanto Finais, esta última foi alterada para inclusão do índice de preferência modificado.

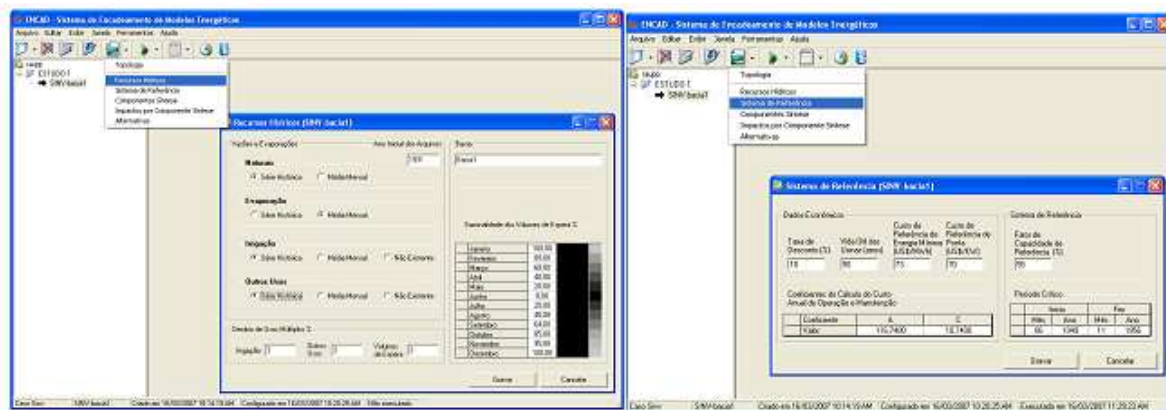


Figura 2: (a) Tela dos dados de Recursos Hídricos e (b) Tela dos dados do Sistema de Referência.

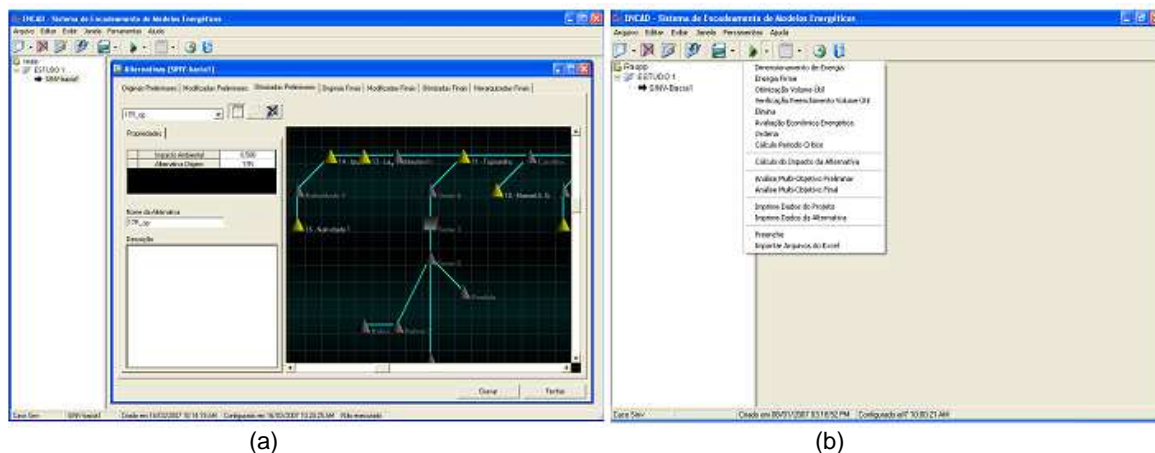


Figura 3: (a) Tela dos dados de uma alternativa e (b) Menu com as funções do SINVE.

Uma vez que as maiores alterações concentraram-se nos Estudos Finais, por simplificação, neste artigo, parte-se diretamente para estes Estudos, para o qual o número de alternativas em análise foi reduzido a 10, após os Estudos Preliminares terem eliminado 11 alternativas das 21 originais. O critério adotado para eliminação das alternativas nos Estudos Preliminares consiste em excluir as alternativas dominadas, isto é, aquelas para as quais existe pelo menos uma alternativa que é melhor nos dois aspectos (apresenta índices custo-benefício energético e de impacto socioambiental negativo menores). Nesta etapa não há agregação destes dois índices em um índice de preferência.

A Tabela 1 apresenta para as 10 alternativas analisadas nos Estudos Finais os índices custo-benefício energéticos, os índices de impactos socioambientais negativos, os índices de preferência (calculado tendo-se atribuído importâncias iguais as duas dimensões), o complemento dos índices de impacto socioambientais positivos (1-IAp) e finalmente os índices de preferência modificados (calculado considerando-se $p_{ap}=0,2$). Os índices de preferência e preferência modificado hierarquizam as alternativas. Uma forma de adquirir conhecimento a cerca dos trade-off existentes no estudo consiste na apresentação gráfica de curvas de níveis dos índices de preferência. A Figura 4a apresenta as curvas de níveis do índice de preferência correspondente à primeira etapa da análise, no espaço bi-dimensional definido pelos índices de impacto socioambiental negativo e custo-benefício energético. Pode-se observar que a melhor alternativa é a 7B, seguida pelas 9B e 7A. De forma análoga, na segunda etapa da análise multi-objetivo, as curvas de níveis do índice de preferência modificado são representadas no espaço bi-dimensional definido pelo índice IAn e por um índice custo-benefício modificado (ICB') calculado por:

$$ICB' = p.ICB + (1-p).(1-IAp) \quad (3)$$

$$\text{onde: } p = \frac{(1-p_{ap})(1-p_{an})}{1-(1-p_{ap}).p_{an}} \quad (4)$$

Esta representação é interessante por que mantém conformidade com a representação adotada na primeira etapa ao continuar apresentando o índice de impacto socioambiental negativo de forma explícita no eixo horizontal. A Figura 4b apresenta os resultados obtidos na segunda etapa adotando-se $p_{an}=0,2$. Pode-se observar que a alternativa 7B continua sendo a melhor, porém as alternativas 9B e 7A foram ultrapassadas pelas alternativas 9A e 17RR.

Tabela 1: Índices das alternativas da bacia hipotética na Análise Multi-objetivo dos Estudos Finais.

Alternativa	Índice Custo-Benefício	Índice Impacto Socioamb. Neg.	Índice de Preferência	Índice de Impacto Socioamb. Pos.	Índice de Pref. Modificado
7B	0,351	0,60	0,476	0,098	0,400
9A	0,423	0,60	0,512	0,002	0,410
17RR	0,386	0,62	0,503	0,045	0,411
9B	0,371	0,61	0,491	0,141	0,421
7A	0,413	0,59	0,502	0,117	0,425
17R	0,419	0,61	0,515	0,073	0,426
19RR	0,411	0,61	0,511	0,110	0,430
1R	0,476	0,58	0,528	0,117	0,446
19R	0,443	0,64	0,542	0,137	0,461
3R	0,443	0,61	0,527	0,205	0,462

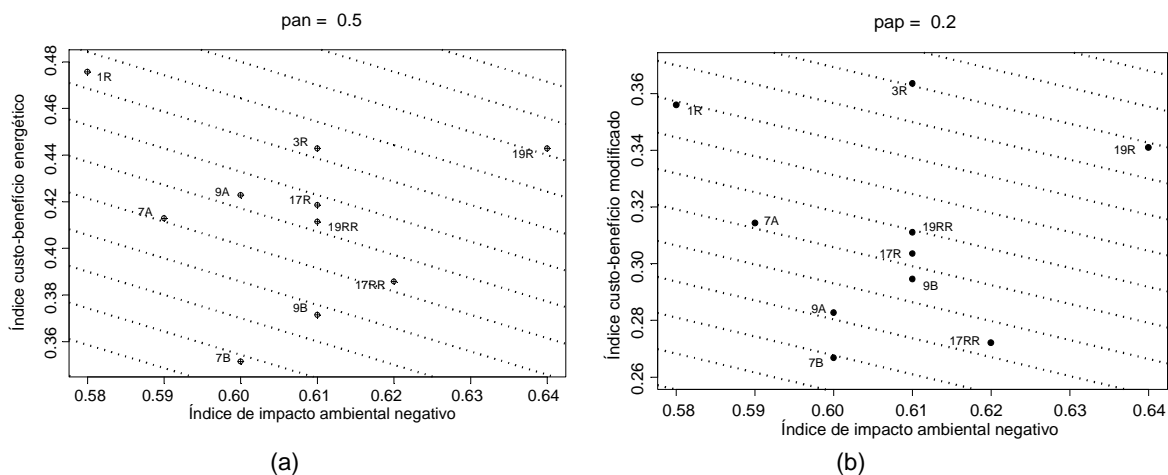


Figura 4: Gráficos da análise multi-objetivo dos Estudos Finais: (a) Primeira etapa e (b) Segunda etapa.

As Figuras 5a e 5b apresentam as telas do Sistema SINV correspondentes às funções de análise multi-objetivo dos Estudos Finais. No quadrante inferior esquerdo destas telas são listadas as alternativas hierarquizadas segundo os índices de preferência e preferência modificado respectivamente. As telas apresentam no quadrante superior esquerdo uma facilidade para alterar os pesos atribuídos a cada dimensão, facilitando assim uma análise de sensibilidade para identificar a alternativa mais robusta (preferível qualquer que sejam os pesos atribuídos). Por exemplo, a Tabela 2 apresenta os índices de preferência, calculados para cada uma das 10 alternativas, considerando diferentes pesos para os índices custo-benefício energético e de impacto socioambiental negativo. Pode-se verificar que a alternativa 7B apresenta sempre o melhor índice de preferência, sendo a única exceção quando se desconsidera o impacto socioambiental negativo (peso =0). Pretende-se, numa próxima versão do SINV, incluir outras facilidades para a realização de análises de sensibilidade. Em (3) apresenta uma análise de sensibilidade para os pesos associados aos impactos socioambientais negativos (p_{ap}) e positivos (p_{an}).

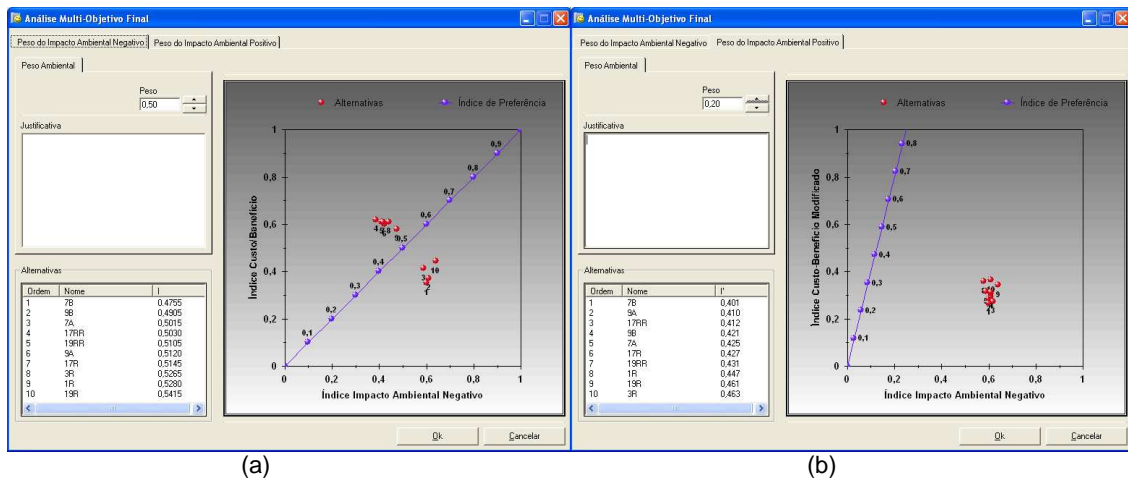


Figura 5: (a) Primeiro resultado da função multi-objetivo final e (b) Resultado final da função multi-objetivo final.

Tabela 2: Ranking das alternativas considerando diferentes pesos no cálculo do Índice de Preferência.

$P_{amb} = 1$ $P_{ICB} = 0$	$P_{amb} = 0$ $P_{ICB} = 1$	$P_{amb} = 0,5$ $P_{ICB} = 0,5$	$P_{amb} = 0,25$ $P_{ICB} = 0,75$	$P_{amb} = 0,75$ $P_{ICB} = 0,25$
1R	7B	7B	7B	7B
(0,58)	(0,35)	(0,48)	(0,41)	(0,54)
7A	9B	9B	9B	7A
(0,59)	(0,37)	(0,49)	(0,43)	(0,55)
7B	17RR	7A	17RR	9B
(0,60)	(0,39)	(0,50)	(0,44)	(0,55)
9A	19RR	17RR	7A	1R
(0,60)	(0,41)	(0,50)	(0,46)	(0,55)

5.0 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou a nova versão do sistema SINV – Sistema para Estudos de Inventários Hidroelétricos de Bacias Hidrográficas que foi atualizado para contemplar as metodologias e procedimentos propostos durante a revisão do Manual de Inventário Hidroelétrico, para que, ao final dessa revisão, o sistema SINV continue sendo uma ferramenta para auxiliar nos Estudos Energéticos e Socioambientais, assim como na análise multi-objetivo para seleção da melhor alternativa.

O SINV foi também totalmente reformulado no que se refere a sua arquitetura, camadas de acesso aos dados e sistema de armazenamento de dados, visando sua introdução no sistema ENCAD – Sistema para encadeamento de modelos desenvolvidos e propostos pelo CEPEL para o planejamento da expansão e operação energética.

Os Estudos onde foram propostos os principais aprimoramentos metodológicos foram os Estudos Socioambientais e os Estudos de Usos Múltiplos da Água, como esperado, uma vez que nos últimos anos houve grande avanço na questão das águas e do meio ambiente no Brasil, sendo os dois eventos mais recentes a adoção da AAI como parâmetro de avaliação para os aproveitamentos a serem estudados nas bacias hidrográficas do País e a finalização do PNRH. A análise multi-objetivo foi alterada para contemplar o novo critério básico para a escolha da melhor alternativa de divisão de quedas: “maximização da eficiência econômico-energética, em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos, levando-se em conta os impactos positivos oriundos da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos na bacia”.

Todas as funções disponíveis na versão anterior do SINV, referentes aos Estudos Energéticos, foram preservadas quase que integralmente nesta nova versão. Foi criada uma nova função relacionada com os Estudos Energéticos e de Usos Múltiplos da Água para determinação do tempo necessário para enchimento de reservatórios. O conjunto de funções relacionadas aos Estudos Socioambientais foi expandido incorporando o cálculo dos índices de impacto socioambiental positivos, foi criada uma função complementar para a análise multi-objetivo nos Estudos Finais, que, a partir do índice de preferência e do índice de impacto socioambiental positivo, calcula o índice de preferência modificado para a seleção final da melhor alternativa, conforme orientação do novo Manual. Finalmente, para auxiliar a AAI na caracterização da alternativa selecionada nos Estudos Finais foi criada uma nova função que permite calcular para cada aproveitamento o ganho de energia firme que ele agrega a alternativa e sua participação nos índices de impactos socioambientais positivos e negativos globais da alternativa sobre a bacia.

Sem dúvida a adequação do SINV as novas metodologias e procedimentos introduzidos durante a revisão do Manual de Inventário facilita os estudos energéticos, socioambientais e de seleção da melhor alternativa, uma vez que, tantos os índices custo-benefício energético e de impacto socioambiental negativos e positivos podem ser obtidos com a mesma ferramenta, o que facilita também a realização de análises de sensibilidade, no que se refere aos valores relativos atribuídos a cada objetivo (pesos), em busca da alternativa mais robusta. Destaca-se ainda, que a utilização de uma ferramenta que integra estes três estudos, facilita e agiliza as análises dos Estudos de Inventário pelo órgão responsável pela sua aprovação, além de facilitar (devido à padronização) também o armazenamento das informações que poderão ser utilizadas em revisões de Estudos de Inventário. Espera-se, portanto, que esta ferramenta venha auxiliar o aprimoramento dos estudos de planejamento da expansão do Setor Elétrico Brasileiro.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ELETROBRAS, Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacia Hidrográfica, 1997.
- (2) COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M., MACEIRA, M.E.P., RAUPP, I.P., PINTO, I.O., CUNHA, E.N., VENTURA FILHO, A., NEVES, A.R., ROSSO, J.A., FURTADO, R., 2006, "Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas – Revisão do Manual", X Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, Florianópolis, SC.
- (3) DAMÁZIO, J. M., MATOS, D., GARCIA, K., MOLLICA, A. M., PAZ, L.R., MENEZES, P. C., PIRES, S. H., 2007, "Incorporação dos Impactos Socioambientais Positivos no Planejamento do Aproveitamento Hidroelétrico no Brasil – Apresentação de um Caso Teste", XIX SNPTEE, Rio de Janeiro, RJ.
- (4) DAMÁZIO, J.M., COSTA, F.S., NEVES, F.P., 1998, "Sistema de Inventário de Bacias Hidrográficas – SINV", Simpósio Internacional de Gestão de Recursos Hídricos, Gramado, RS.
- (5) CEPEL, Sistema de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas – SINV 5.1ª - Manual de Metodologia, 2006. In: Relatório Técnico DP/DEA – 17805/06.
- (6) CEPEL, Sistema de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas – SINV 5.1ª - Manual do Usuário, 2006. In: Relatório Técnico DP/DEA – 17797/06.