

IMPRESSO
ENVELOPAMENTO AUTORIZADO
PODE SER ABERTO PELA ECT

Zoneamentos Ecológicos-Econômicos e Desenho de Uso Optimal dos Territórios de Bacias Hidrográficas

*Paulo Pereira Martins Junior, Omar Campos Ferreira,
Vitor Vieira Vasconcelos e Douglas Rezende Jano*

O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro e o Contexto Mundial de Mudanças Climáticas

Nivalde José de Castro - Guilherme de A. Dantas

Economia e Energia

Revista

Fotos da Capa da frente: Projeção Sirgas - Vitor Vieira Vasconcelos

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 2242-2085
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290
Belo Horizonte MG Tel./Fax (31) 3284-3416
Internet :<http://ecen.com>.

Editor Gráfico: Marcos Alvim



Economia e Energia

Nº 76: Janeiro/Março de 2010

ISSN 1518-2932

Versão em Inglês e Português disponível em: <http://ecen.com>

Artigo:

Zoneamento Ecológico-Econômico e Desenho de Uso Optimal dos Territórios de Bacias Hidrográficas

Paulo Pereira Martins Junior;

Omar Campos Ferreira,

Vitor Vieira Vasconcelos e

Douglas Rezende Jano

Este trabalho dá seqüência ao desenvolvimento do ramo de conhecimentos das Geociências Agrárias e Ambientais, que envolve a Abordagem Interdisciplinar com forte associação a Geo-ecologia e a Economia, como os dois principais campos epistemológicos e metodológicos. Apresentam-se novos conceitos cartográficos, metodológicos e de modelagem de uso do território.

Texto para Discussão:

O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro e o Contexto Mundial de Mudanças Climáticas

Nivalde José de Castro e

Guilherme de A. Dantas

O setor energético possui uma diminuta participação no total das emissões brasileiras devido à relevante participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira. O Brasil tem um enorme potencial de fontes alternativas e renováveis de energia elétrica a ser explorado. Merecem destaque a bioeletricidade das usinas sucroenergéticas e a energia eólica, que podem produzir energia neutra em carbono a custos consideravelmente mais competitivos daqueles necessários para viabilizar fontes renováveis de energia em outros países. A questão central que se coloca é como garantir a inserção destas fontes de energia na matriz elétrica brasileira em detrimento da contratação de usinas térmicas movidas a combustíveis fósseis. O argumento dos autores é que devem ser criadas metas para cada uma das fontes componentes da matriz e realizar leilões específicos para cada uma destas fontes, de forma a se viabilizar a contratação e estrutura da matriz definida pelo planejamento como ideal para o setor elétrico brasileiro.

Sumário

Zoneamento Ecológico-Econômico e Desenho de uso Optimal dos Territórios de Bacias Hidrográficas.....	3
1 - Introdução	4
2 - Precedentes do desenho	7
3 - O desenho de uso optimal do território - DUOT	9
4 - A questão econômica e a sustentabilidade ecológico-econômica	10
5 - Os aspectos econômicos.....	12
6 - Modelo de uso optimal.....	14
7 - Um cenário de uso optimal.....	15
8 - Desenho de uso opitmal e produção de energia hidro-elétrica	21
9 - Conclusões	23
10 - Referências.....	23
O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro e o Contexto Mundial de Mudanças Climáticas.....	27
1 – Introdução	27
2 – A Necessidade de Mitigar o Aquecimento Global	29
3 – Perspectivas da Matriz Elétrica Brasileira.....	34
3.1 - Bioeletricidade Sucoenergética	37
3.2 - Energia Eólica	39
4 – O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro	42
5 - Considerações Finais	45
6 - Referências Bibliográficas	46

Artigo:

Zoneamento Ecológico-Econômico e Desenho de Uso Optimal dos Territórios de Bacias Hidrográficas

Paulo Pereira Martins Junior^{1,2}; Omar Campos Fereira⁴, Vitor Vieira Vasconcelos^{1,3}, Douglas Rezende Jano^{1,3}.

Resumo: Os zoneamentos ecológicos e econômicos constituem o terceiro nível de produtos e estudos integrados de auxílio à decisão para a gestão geo-ambiental e econômica de bacias hidrográficas e propriedades rurais. O primeiro nível é o dos estudos e cartografias disciplinares. O segundo nível é o dos estudos e cartografia pluridisciplinares. O quarto nível aqui proposto é o sistema de Desenho de Uso Optimal do Território – DUOT. Com este sistema se introduzem fatores novos nos modelos de gestão de bacia hidrográfica sob os conceitos “o que pode e o que deve ser”, e se constitui como Modelo Fundamental. Este modelo é apresentável com uma série de Cenários com bases em análises econômicas, ecológicas, agrônômicas, florestais, pastoris, energéticas e industriais. Estudos seqüenciados se apresentam para a sub-bacia de 3ª ordem de Entre Ribeiros (3.962,514 km²) no Vale do Paracatu. Esta seqüência de mapas exemplifica corretamente os conceitos que levam até a confecção de um cenário cartográfico de DUOT. Os conceitos são tratados em detalhe para a execução de um DUOT, após a execução das cartografias de Zoneamentos Ecológicos, Econômicos e Ecológico-econômicos. Assuntos de agricultura, florestais, produção de energia, indústrias rurais e obras de engenharia são cobertos pelo sistema DUOT em uma visão integrada de bacia hidrográfica e de propriedades rurais.

1 – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Av. J.C. da Silveira 2000. Horto. 31.170-000 Belo Horizonte. paulo.martins@cetec.br / maerteyn@gmail.com. Tel.: +55 (31) 3489-2250 / FAX (31) 3489-2227.

2 – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós-graduação. Área de concentração Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais.

3 – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Geografia / Tratamento da Informação Espacial. vitor.v.v@gmail.com.; Graduação Sistemas de Informação dougiano@gmail.com

4 – ECEN Consultoria Ltda. Belo Horizonte. omarecen@pib.com.br

Abstract: Ecological and economic land classification are part of a third level system of integrated products and studies on environmental and economic decision to support the management of watersheds and rural properties. The first level is the system of the disciplinary studies and cartography. The second level is the system of multidisciplinary studies and cartography. The fourth level as it is here proposed is the system of “Optimal Land Use Design” of watersheds and rural properties territories – OLUUD. With this system new factors are introduced in the models for the management of watersheds under the concepts “what can be and what should be” and this constitutes the Fundamental Model. This model is presented as a series of scenarios on the basis of economics, ecological, agronomic, foresting, .pasturage, energetic and industrial analysis. Some sequenced studies for the third level watershed of Entre Ribeiros (3,962.514 km²) situated in the Paracatu Valley are under evaluation. This sequence of maps gives a correct example of the concepts which support the organization of cartographic scenarios of OLUUD. The concepts are treated in detail for the execution of one OLUUD after the production of ecologic, economic and ecologic-economic land classification. The subjects of agriculture, foresting, energy production, rural industries and engineering constructions are covered by the OLUUD system in a integrated vision for watersheds and rural properties.

Palavra-chave: Zoneamentos Ecológico-econômicos, Desenho de Uso Optimal de Territórios, modelagem de auxílio à decisão, gestão geoambiental e econômica.

1 - Introdução

Os modos de fazer os zoneamentos ecológicos - ZE-L, os zoneamentos econômicos - ZE-N (Martins Jr. et al., 2008; Martins Jr. et al., 2009) e os zoneamentos ecológico-econômicos - ZEE, de bacias hidrográficas são a base para se iniciar todo o processo de modelagem da gestão de qualquer bacia. Por certo, os mapeamentos disciplinares podem ser o início do processo também.

Pode-se reconhecer que o ZEE constitua o terceiro tipo de resultado integrado, normalmente com as duas Abordagens Pluridisciplinar e Interdisciplinar (Martins Jr., 2000) e as várias ciências concernidas. Seguramente que estes estudos não são ainda suficientes para se construir decisões so-

bre “como agir, como ocupar, como preservar e conservar um território”. Consideram-se os ZEE como produtos de gestão na forma de informação a ser inserida em um modelo de gestão - SisZEE - como parte dos instrumentos de auxílio à decisão.

Este trabalho, como aqui discutido, dá seqüência ao desenvolvimento do ramo de conhecimentos das Geociências Agrárias e Ambientais (Martins Jr., 1998), sendo um tipo de produção que envolve a Abordagem Interdisciplinar com forte associação a Geo-ecologia e a Economia, como os dois principais campos epistemológicos e metodológicos.

Apresentam-se novos conceitos cartográficos, metodológicos e de modelagem de uso do território. Foi pela primeira vez proposto em 2002, então parcialmente desenvolvido no decorrer de 2003-2006 em projeto financiado pelo MCT / FINEP / Fundo Setorial CT-Hidro-2002 (Projeto CRHA, 2006).

Distintamente o sistema “Desenho de Uso Optimal do Território de Bacias Hidrográficas” - DUOT[®], é proposto como um tratamento integrador envolvendo ciências, temas e engenharias, tais como: — Ética (Ea), Legislação (Lg), Economia Física (EF), Geologia ambiental Ga, Geologia estrutural Ge, Estratigrafia Es, Geotecnia Gt, Pedologia Pd, Aptidão de solos AS, temas sobre impactos ambientais IA, Hidrologia Hd, Hidrogeologia HG, Zonas (ZRAs) e Áreas precisas (APRs) de recarga de aquíferos (Martins Jr. *et al.*, 2006), Botânica Bt, Técnicas de Conservação TC, Análise de Impactos sobre os biomas AI, Climatologia Cl, Implicações das Mudanças Climáticas IMC, Engenharia Florestal EF, Engenharia Elétrica EE, Engenharias Agrônômica EAn, Engenharia Agrícola EAgr, Lógica Interdisciplinar (LI) e Inteligência artificial (IA).

O sistema DUOT é o quarto sistema proposto em prosseguimento àqueles apresentados nos artigos de Martins Jr. *et al.* (2006 e 2007), como seqüência lógica da modelagem da gestão geo-agro-ambiental industrial rural de bacias hidrográficas.

Qual é, portanto, o sentido do quarto sistema de suporte à gestão de bacia hidrográfica DUOT? Pelo fato dos zoneamentos ecológicos, econômicos e o zoneamento ecológico-econômico serem três produtos com feição de uma ontologia científica, e que respondem à pergunta “o que é” como

também podem responder sobre “o que pode ser potencialmente”, eles são parcialmente fora de foco direto no que diz respeito a três exigências lógicas: (1) dos licenciamentos ambientais (2) do planejamento do uso do território e (3) de acompanhamentos dos eventos naturais e produtivos que ocorrem dentro de uma bacia.

De fato, o DUOT responde à questão “o que pode e/ou o que deve ser”, que é questão intrinsecamente distinta das questões “o que é” ou “o que potencialmente pode ser” como no caso do zoneamento econômico; todavia, estes zoneamentos devem preceder ao DUOT e são inseparáveis no processo de decidir e operar a gestão.

Considera-se, portanto, que após os mapeamentos disciplinares e a integração desses nos zoneamentos ZE-L, ZE-N e ZEE, o DUOT seja a quarta etapa geral de integração. Essa etapa por sua vez divide-se em dois tipos de produtos: (1) o modelo geral DUOT e (2) os cenários temporais cartográficos e econômicos do DUOT, que envolvem a produção e a oferta de produtos agrícolas, controle e planejamento das áreas agropastoris e florestais, mudanças de demandas e variações periódicas da produção, bem como as questões de logística, vias, indústrias rurais, produção de energia em matriz complexa e produção de rejeitos.

Agradecimentos: Ao Professor Omar Campos Ferreira que vem acompanhando e contribuindo para a construção desse trabalho ao longo dos últimos anos ao Leandro Arb d’Abreu Novaes pelo suporte cartográfico e igualmente ao Lawrence Andrade Magalhães que comigo realizou seu Mestrado.

Problemas: A questão seqüencial aos zoneamentos ZE-L, ZE-N e ZEE envolve ainda dois procedimentos fundamentais. O primeiro é o diagnóstico, que deverá ter a feição própria para os objetivos de um planejamento específico. O segundo trata da questão do que é ideal para que as ações e os projetos executivos devam atender para manter as condições ideais de sustentabilidade — ambiental e econômica. A sustentabilidade dos sistemas econômicos é retro-alimentada, no tempo, pela sustentabilidade ambiental. Assim essas duas questões dizem respeito à natureza do(s) diagnóstico(s) e ao Desenho de Uso Optimal do Território no âmbito de uma Política de Ordenamento do Território - POT.

Objetivos: Apresentar as características do DUOT. Desenvolver os aspectos lógicos, ecológicos e econômicos como parte dos procedimentos para se chegar ao Desenho de Usos Optimais dos Territórios, DUOT, de bacias hidrográficas e propriedades rurais. Elaborar em uma visão geral os princípios, critérios e procedimentos para desenvolver cenários cambiantes dentro do modelo fundamental do Desenho fundamental DUOT.

2 - Precedentes do desenho

Zonear um território é classificá-lo em áreas homogêneas, pelos aspectos ou temas que se queira, tanto quanto integrar as informações de modo a formarem quadros cognitivos específicos, que pressuponham e identifiquem a existência de estruturas na Natureza, que sejam reconhecíveis pela função classificatória da atividade racional humana.

O binômio Zoneamento Ecológico-Econômico, ZEE, e o Desenho de Uso Optimal do Território, ZEE + DUOT, constituem dois procedimentos e dois produtos essenciais para a gestão ambiental e econômica, em níveis de diagnóstico e auxílio à decisão para o planejamento do que fazer, como fazer, porque fazer de uma determinada maneira e para que fazer.

Os dois sistemas de cognição conjugam-se como um Diagnóstico de uma Teoria de Valores, no sentido de que o Desenho DUOT é constituído como “um pode ser e/ou um deve ser”, e, portanto, oferece um caminho fundamental na forma de um Modelo, e muitos caminhos específicos na forma de Cenários, para um devir próprio de um planejamento dinâmico, no espaço e no tempo, tanto sobre os sistemas naturais quanto sobre os sistemas de produção.

Em perspectiva as ciências especialistas servem para permitir a cartografia por disciplina, que apreende aspectos dos sistemas, mas jamais um sistema em sua totalidade de aspectos. Isso é evidente em virtude do campo epistemológico da ciência que “divide para compreender”, e assim limita a observação a aspectos, processos e estruturas selecionadas e entendidas de acordo com a possibilidade de separá-las na Natureza e descrevê-las de modo consistente. Tal característica do projeto científico advém do próprio fato de que na Natureza as coisas são organizadas em sistemas, todos interligados, mas cada um com sua relativa soberania, isto é, com | domínio

característico | , | *processos próprios* | e | relativa identidade | no conjunto do Sistema a que faça parte. As barras são sempre usadas no sentido de conjuntos abertos, logo sistemas abertos e processos abertos.

Dentro de uma perspectiva sistêmica os zoneamentos apresentam uma forma não-disciplinar, mas pluridisciplinar de apreender e descrever os sistemas naturais como modo de tratar estruturas e processos por “vizinhança fenomenológica”, isto é, tratar aqueles aspectos reais dos sistemas que estejam | inter-relacionados de modo imediato | .

O Desenho de Uso Optimal já avança em muito o trato pluridisciplinar, sendo ao mesm tempo interdisciplinar e transdisciplinar, por três motivos: (1) trata, *a priori*, todos os sub-sistemas de “modo integrado” em suas totalidades, tanto quanto de “modo ontológico”, isto é, apreendendo os sistemas por eles mesmos, (2) trata de “modo objetal”, apreendendo os sistemas com a intenção de uso e (3) trata-os de modo transdisciplinar, quando se modela o sistema natural pelo viés das peculiaridades das funções associativas da humanidade, objetivando, assim, os sistemas naturais para fins vários, e entre eles os fins de produção econômica.

Fica claro, assim, que a seqüência de modelagem da gestão agro-erg-geo-ambiental de bacia hidrográfica progride das ciências e cartografias disciplinares às cartografias pluridisciplinares dos zoneamentos ecológicos - ZE-L, zoneamento econômico - ZE-N - e zoneamento ecológico-econômico - ZEE, constituindo assim o “campo epistemológico fundamental” de e para qualquer modelo de gestão - DUOT.

A inovação tecnológica aqui proposta progride então em direção às questões dos potenciais econômicos das bacias a luz das possibilidades legítimas de uso das mesmas e dos sistemas ecológicos nelas existentes. Essa progressão leva, necessariamente por obrigação lógica, ao modelo seguinte que é o do Desenho de Uso Optimal - DUOT, que pressupõe os limites de potencialidades legitimamente utilizáveis pelo homem, as condições de permanência dos vários subsistemas naturais, das espécies, gêneros e famílias dos seres vivos, e quanto a progressão de entropia de uso para que não ultrapasse a capacidade de sustentação dos sistemas naturais em se auto-regenerarem, obviamente ficando para o homem a responsabilidade de todas as medidas de conservação e de mitigação, sem as quais as

forças naturais saem do equilíbrio dinâmico de sustentação e produzem um caos degenerador crescente, e assim a irreversibilidade.

3 - O desenho de uso optimal do território – DUOT

Como conceito novo e recente tem-se na noção de desenho como uma noção integradora: — cartográfica, ecológica, econômica, logística, climatológica com outras ciências e temas, e que se define como:

- o desenho regional e/ou local, na forma de zoneamento das condições de usos, que se julga devam determinar o que seja o uso optimal ou ideal da terra (terra, no sentido de todas os sub-sistemas e das interações entre esses).

A noção de desenho, no sentido aqui discutido, é uma noção de “modelagem do que deva ser”. Para o sentido de modelar aplica-se como definição:

- a “integração cartográfica geo-ambiental e dos potenciais econômicos, desenvolvido ou não, como descrição das condições possíveis, restritas, genéricas, particulares, positivas e/ou negativas de modo a abranger o conjunto de sistemas e subsistemas naturais e as possibilidades de ações antrópicas produtivas nos mesmos, considerando a preservação, a conservação e a mitigação”.

A seqüência lógica dos modelos: Os [Modelos Naturais e Econômicos], – MNE devem ser interpretados a luz dos Zoneamentos - ZEE, como condição inicial, para então se vir a determinar as macro-condições legítimas e permissíveis de intervenção do homem no ambiente bem como o quadro de mitigações indispensáveis. A modelagem pode, então, ser trazida à condição de “pré-projetos executivos regionais - PER” sob o conceito de [Cenários-modelos Regionais e Locais]. Os pré-projetos são de dois tipos os de *pré-viabilidade* e os de *viabilidade*.

Por sua vez, o somatório de cenários locais deve ser integrado como um [Modelo de Uso Optimal], genérico e amplo o suficiente para nele se trabalhar com diversos cenários cambiantes no tempo – [Cenários-modelos Temporais] – CmT. O tempo entra como um fator fortemente associado à produção rural e industrial e pode-se entender como um tempo na

“Modalidade Econômica”* no sentido de Herman Dooyeweerd (1958) adotado por Martins Jr. (2000). Assim, os cenários incluem, ao longo dos anos, a temporalidade das atividades humanas dentro do campo real da Economia e da transformação das técnicas produtivas.

O Modelo DUOT apresenta o quadro de possibilidades e de realidades já em processo de execução ou de futura execução. Todavia, pelo fato das possibilidades serem várias, tanto em qualidade quanto em quantidade, isso implica que se precisem elaborar cenários dessas possibilidades dentro dos *aspectos indutores e restritivos* detectáveis pelo e com o modelo DUOT.

Os Desenhos de Uso Optimal do Território - DUOT[®], em verdade, são desenhos ou cartas diversas de acordo com as bases geológicas, climáticas, as técnicas agrícolas, pastoris e florestais disponíveis, o acesso à energia e as relações de mercado. Entram também nos desenhos os estudos de mercado na forma de oportunidades em nível de Macro- e Micro- Economia. Quanto a essas deve-se articular as relações de oferta e demanda às realidades dos sistemas naturais e dos sistemas construídos, bem como dos sistemas naturais abandonados e/ou degradados. Estes devem ser imperativamente re-integrados aos sistemas naturais e/ou produtivos, como projetos de longo prazo, mesmo projetos de tipo secular, dentro de um Programa de sustentabilidade das nações.

4 - A questão econômica e a sustentabilidade ecológico-econômica

As condições econômicas tanto pelo ponto de vista da Economia Física (Georgescu-Roegen, 1970; Ayres, 1973; Odum, 1996; Martins Jr. & Ferreira, 2009) quanto em Economia Financeira são tratadas na questão do Desenho DUOT como aspectos impositivos, Alm, e aspectos optativos, AOp. Entre os impositivos estão todos aqueles que são restritivos e limitantes, e também aqueles que são permissivos com uma única possibilidade afora a simples manutenção do *status quo* natural. Outros ainda implicam em casos de mitigação obrigatória.

Os aspectos optativos são todos aqueles que são permissíveis, mas dependem ou de negociação entre o comitê de bacia e os proprietários rurais, ou de algum interesse de fato para o sistema produtivo.

As condições limitantes e as condições optativas indicam, portanto, que os aspectos econômicos, já então tratados nos zoneamentos ecológico-econômicos ZEE, sejam retomados dentro da perspectiva do “pode e/ou deve ser”, seja em condições de manutenção do *status quo*, seja para manutenção de projetos prévios ou para projetos novos. Aqui entram também os aspectos corretivos para a bacia hidrográfica, dado que para a manutenção de projetos agro-pastoris, florestais e/ou industriais rurais dever-se-á mitigar a bacia, se necessário se fizer. Nesse caso a condição optativa imperará, atendidos os procedimentos de mitigação em duas instâncias – sob condicionante de realização ou sob o condicionante de impedimento total do empreendimento.

Outro aspecto importante está em relação com as licenças a serem dadas ante as condições apto, restrito e inapto do mapeamento de Aptidão dos solos e o uso da Agroclimatologia, pelo fato de que o uso dos solos em cada uma dessas condições pode implicar no uso de insumos que, conforme a situação, possa vir a afetar áreas sensíveis. Todavia, nem sempre uma área sensível deve ser necessariamente classificada como uma área totalmente restrita, mas isto implica aplicar cuidados especiais.

Em bacias hidrográficas a questão econômica se focaliza na agricultura, silvicultura, pastagens, produção de energia e indústrias rurais, afora as questões de mineração, as vias, as obras de engenharia isoladas quando estas existirem fora das áreas urbanas e de vilas. Da mesma forma que para os zoneamentos ZEE, a questão econômica deve ser revista de modo idêntico com o acréscimo dos condicionantes limitantes, impeditivos e estimulantes, aspectos não tratados nos zoneamentos. No caso dos ZEE vale, portanto, recuperar a memória dos condicionantes (Martins Jr. *et al*, 2007), desta feita na condição de “determinantes agregados”:

- (1) área atual total plantada
- (2) área permissível para plantar
- (3) índice de continuidade da área total plantada permissível
- (4) índices de descontinuidade floral - permissível e crítico
- (5) determinação das condições ideais de interligação de florestas e de maciços florestais

- (6) produtividade nas diversas categorias de produtores
- (7) mobilização de capital
- (8) endividamento dos produtores
- (9) lucros
- (10) agregação de valor nas proximidades dos campos de produção
- (11) usos permissíveis, usos toleráveis e usos não permissíveis de insu-
mos
- (12) categorias de riscos ambientais de acordo com as condições dos
sistemas naturais – permissibilidade e não-permissibilidade
- (13) inclusão social nas diversas categorias de produtores, condições de
trabalho e empregos
- (14) usos obrigatórios de processos de conservação de solos e
- (15) usos obrigatórios de processos de conservação da água.

Esses 15 aspectos, sob a denominação de “determinantes agregados”, criam um quadro de possibilidades e de efetivações das condições ideais de uso, tomadas em seus macro-aspectos, que por sua vez permitem desdobrá-los em cenários temporais. Com esses 15 aspectos lógicos é possível fundamentar-se um Modelo de Economicidade Física - MEF, com base na Análise Exergética. Com essa pode-se quantificar cada parte dos processos econômicos, usando como variável de base a exergia dos vários subsistemas naturais em uso e dos produtos extraídos e produzidos, exergia expressa em Joule, como medida da energia livre nos sistemas e na produção, tanto para a quantidade da produção quanto pela quantidade e também pela qualidade dos rejeitos. Assim, pelo viés da qualidade dos rejeitos trata-se da possibilidade desses rejeitos agirem como agentes químicos sobre os ecossistemas e sistemas inorgânicos nas “áreas de influências” das atividades produtivas.

5 - Os aspectos econômicos

Até muito recentemente não se teve condições, ou não havia mentalidade, para se agregar o custo ambiental aos produtos. Ao se começar um movimento neste sentido, já existe um passivo ambiental a ser pago pelas

gerações, atual e futura, a fim de reparar o processo degenerador que anda em curso, e de restaurar a algum nível significativamente viável parte do que fora perdido. Tal passivo deverá ser recobrado na forma de impostos e de ações consertadas que terão ônus efetivo sobre a coletividade. De modo distorcido a geração do século XX negligenciou um princípio ético básico de que — “a Terra não é nossa, mas das gerações vindouras”. É notável que a regeneração nunca é completa por não haver meios de fazer retornar a riqueza para uma mitigação total. De fato, a regeneração pode ser ampla dependendo de uma lógica de uso dos poderes da revegetação, que pode durar o tempo de gerações.

Um exemplo muito notável é o desmatamento feito no Vale do Rio Doce sob o intento principal de atender às empresas metalúrgicas e siderúrgicas situadas nesta bacia hidrográfica e alhures. Por certo que os preços ambientais agregados aos produtos atuais já deveriam de fato começar a agregar o passivo ambiental produzido por estas empresas que devem hoje à Nação a solução desse problema maior. Como agregar à micro-economia industrial e à macro-economia social o custo real dessa restauração sem inviabilizar um frágil processo industrial? No entanto, o problema existe e sem uma lógica que associe restauração com interesses sócio-econômicos, e tanto quanto a experiência o demonstre, ficará inviável, e assim os ecossistemas que restam progredirão ou podem progredir em irreversibilidade.

O que ocorreu de fato é que os processos industriais implantados nesse Vale não foram avaliados de modo algum quanto ao custo ambiental, daí decorrendo o caos ecológico em que está o Vale do Rio Doce. Como agregar este custo efetivamente à política ambiental e à política de preços industriais através dos dois princípios: o do imposto e o de controle atual da qualidade? Será isto uma causa perdida?

Esses são alguns dos aspectos de ordem econômico-social que influem na perspectiva das relações da Ecologia, Ética e Economia no caso de extração de recursos naturais, tanto quanto no caso de implantação de indústrias e de projetos agrícolas. Neste último caso ainda podem ocorrer demandas excessivas de quantidade de água, o que pode ser provocador de *stress* na bacia.

Esses tipos de temas, entre outros, podem fazer parte direta e indi-

retamente do Desenho de Uso Optimal do Território de uma bacia hidrográfica e devem também ser representados com semiótica adequada em mapas, especialmente nos mapas de cenários.

6 - Modelo de uso optimal

Para a sub-bacia de Entre Ribeiros, de 3ª ordem no Vale do Paracatu, desenvolveu-se um modelo DUOT que, como previsto é genérico o suficiente. Neste caso o modelo já se apresenta como um primeiro cenário. Trata-se de um cenário possível de Ordenamento do Território em face do amplo uso da bacia para fins agrícolas com desmate sobre enormes extensões, criando “descontinuidade floral” (Martins Jr., 2006 in Projeto CRHA) no bioma Cerrado com seus vários ecossistemas, conforme mostra a Figura 4. A noção de cenário é mais objetiva do que a noção de Modelo, mas neste são estabelecidas as grandes decisões julgadas a partir dos ZE-L, ZE-N e ZEE e de todas as considerações necessárias para determinar o que é justo e o que não é justo como forma de uso da terra.

Um Modelo Geral de Mitigação, MGM, é também possível e desejável conforme as circunstâncias. Neste caso esse Modelo deve indicar toda mitigação necessária. Neste termo deve-se entender como mitigação as correções mínimas necessárias e também suficientes para colocar o sistema natural em segurança, admitindo-se que toda atividade exercida, ou que venha a ser exercida sobre a bacia obedecerá a regras e procedimentos de conservação em todos os níveis dos sistemas.

O Modelo de Uso Optimal exige minimamente que:

- (1) não haja descontinuidade floral sobre grandes extensões, tal que afete o bioma e os ecossistemas específicos locais, de preferência nenhuma descontinuidade floral,
- (2) que as descontinuidades não cheguem a ser um obstáculo real às trocas de informação genômica entre as populações de espécies terrestres,
- (3) que não haja irreversibilidade de algum ecossistema específico, quando este ocupar a totalidade do ecossistema maior em uma bacia, ou quando for o único ecossistema em uma sub-bacia de 3ª a 8ª ordens,

- (4) que haja comunicação entre maciços florestais e matas diversas com as floretas ripárias, comunicando todos os corpos d'água correntes,
- (5) que haja segurança para as espécies terrestres circularem pelos corredores,
- (6) que se elimine, de fato, todo efeito de borda em maciços, corredores e florestas ripárias e
- (7) que nenhuma população animal e grupo de plantas arisquem ser confinadas em relativamente pequenas áreas menores do que 300 ha a 1.000 ha, conforme situações específicas.

7 - Um cenário de uso optimal

Corredores florestais fazem parte de cenários tanto quanto do modelo DUOT. A criação de corredores florestais ecológicos e ecológico-econômicos (Martins Jr. *et al.*, 2006; 2008) ao longo das linhas de cumeadas pode ser parte de um tipo de cenário. A sub-bacia em questão, antes da década de 1980, era portadora de ecossistemas vegetais próprio de áreas úmidas e inundadas (Fig. 2, áreas em branco).

Os corredores, ante as injunções lógico-formais e geo-ecológicas propostas de (1) a (7) acima, devem poder ser desenhados como diversos cenários, que por sua vez sirvam para determinar outras classes de exigências em forma de outros cenários mais focalizados. Todo cenário implica em situações que podem exigir negociação entre partes, com o comitê de bacia e os proprietários rurais, especialmente quando não implicarem em situação crítica, mas podendo haver opções negociáveis.

Do ponto de vista do Modelo DUOT, este deve se apresentar como uma carta de limitações e de possibilidades na qual se resguardem concomitantemente a integridade dos ecossistemas e da produção agrícola enquanto potencial, enquanto fato real atual e enquanto cenários cambiantes no tempo.

Os mapas das Figuras 1 a 4 mostram a transição de um Zoneamento de viés Ecológico (Figura 1), passando para o zoneamento de aspectos de caráter econômico (Figura 2 e 3), até atingir o Desenho de Uso Optimal do Território com um cenário específico (Figura 4).

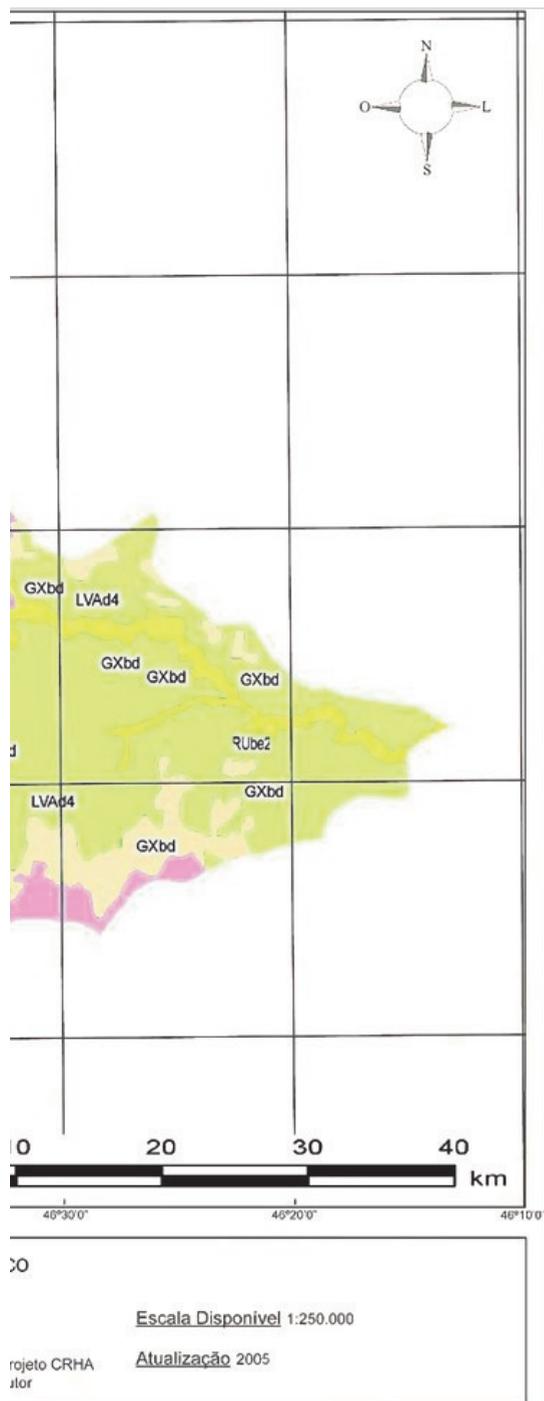


Figura 1: Mapa Disciplinar Pedológico da Bacia de Entre-Ribeiros, ressaltando aspectos naturais típicos de um Zoneamento Ecológico. Ressaltam-se as seguintes legendas: GX (Gleissolo), LVA (Latossolo-Vermelho Amarelo), LV (Latossolo Vermelho), CX (Cambissolo), RL (Neossolo Litólico) e RU (Neossolo Flúvico). A legenda de solos segue a classificação da EMBRAPA (bases digitais de MARTINS Jr. et al. 2002-2006).

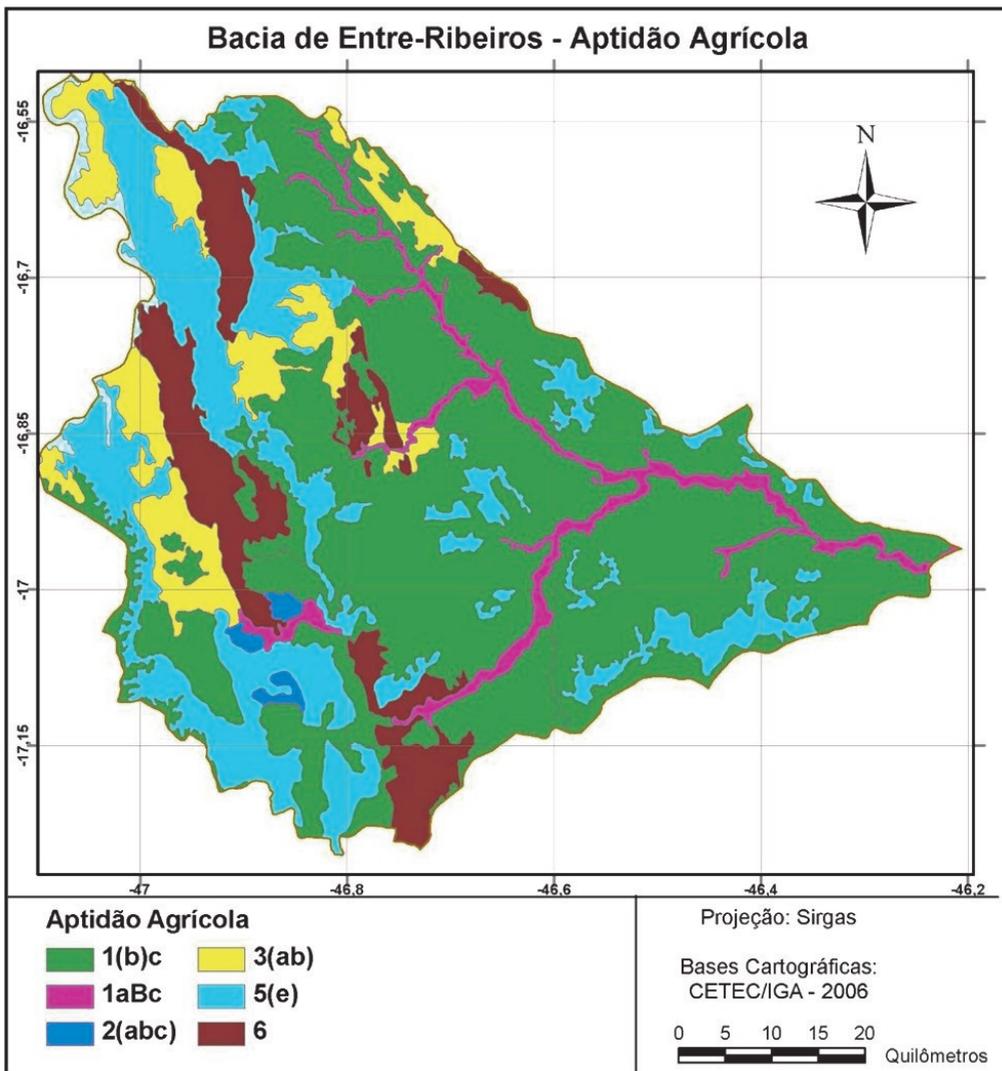


Figura 2: Aptidão Agrícola de Entre-Ribeiros, apresentando a potencialidade econômica inferida a partir dos aspectos ecológicos do mapa da Figura 1. A potencialidade de uso decai do nível 1 até o nível 6. Como sub-classificação, os manejos de A (alta tecnologia) até E (mínima tecnologia) dispõem-se na seguinte ordem: *letra maiúscula* para melhor aptidão, *letra minúscula* para aptidão média e *letra minúscula entre parênteses* para mínima aptidão. (bases digitais de MARTINS Jr. al. 2002-2006).

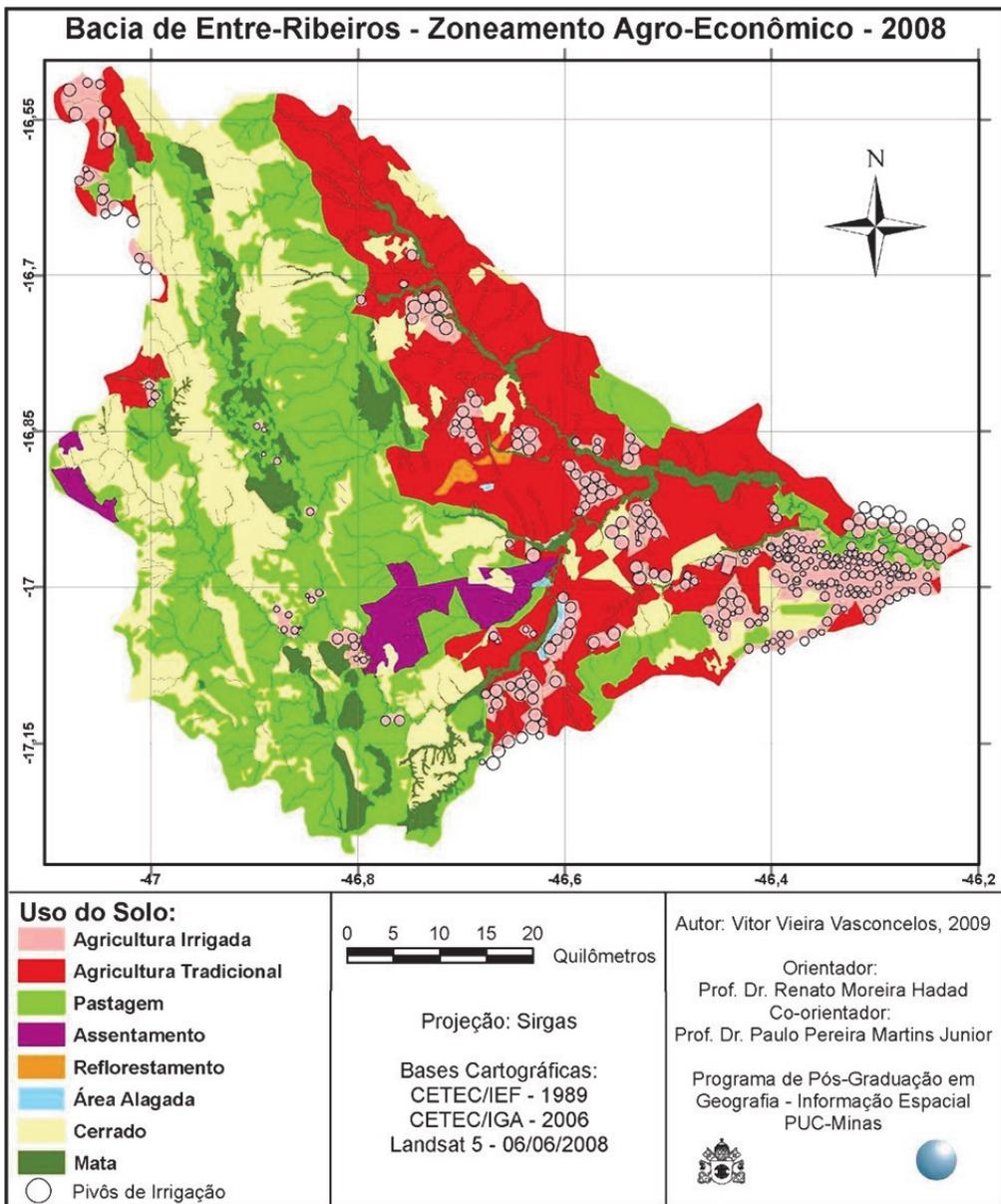


Figura 3: Zoneamento Econômico diagnóstico, ZE-Nd, dos Sistemas agrícolas da Bacia de Entre-Ribeiros para o ano de 2008. Trata-se de um Zoneamento Econômico *strictu sensu*, apesar de também delimitar a tipologia de fragmentos remanescentes de vegetação nativa (Vasconcelos, 2009).

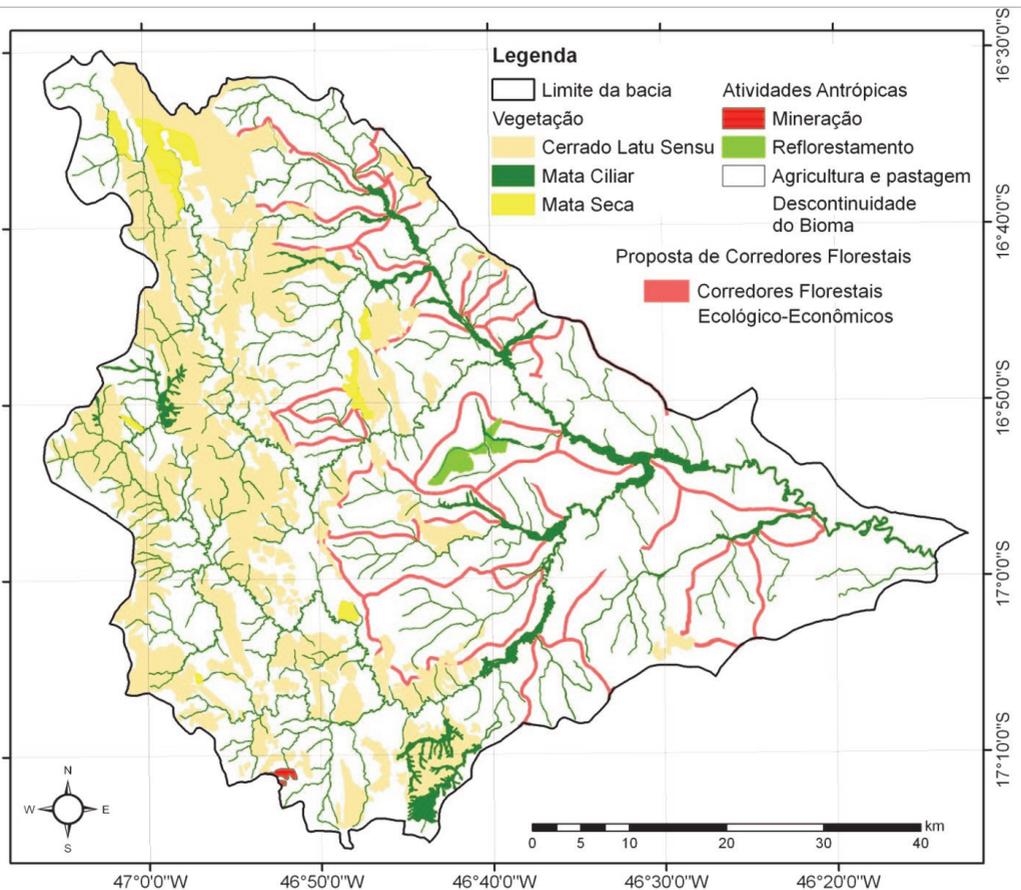


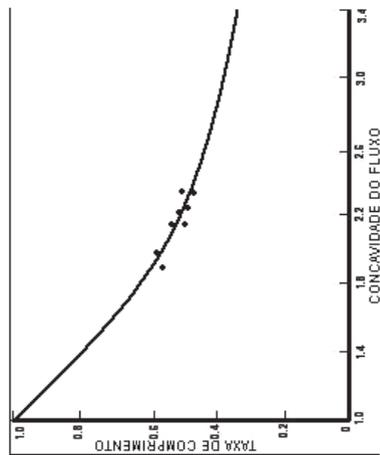
Figura 4: Um estudo e modelo de Desenho de Uso Ótimo do Território dessa bacia de 3ª ordem com cenários de corredores desenhados em cor sépia para o planejamento regional, como modelo/cenário de possibilidades geo-ecológicas e econômicas. Destaque para a área em branco que corresponde à agricultura e pastagens; o impacto sobre as sub-bacias de 4ª e 5ª ordens é visível na parte centro-oriental. Na lateral a extensão dos eixos da sub-bacia está em metros. (Projeto CRHA, 2006; Martins Jr. et al., 2007; Andrade, 2006).

A Figura 4 apresenta um cenário ao mesmo tempo ecológico e econômico. Os corredores são ecológicos nos sentidos de servirem para conservar solos, as linhas de cumeeada, de interligarem maciços florestais remanescentes a florestas ripárias e matas, menos notáveis nessa escala, como também de permitir a continuidade floral sobre mais de 60 km contínuo de leste para oeste na bacia. Do ponto de vista econômico, os corredores apontam para a produção de plantas frutíferas, plantas de madeiras de lei e plantas energéticas, todos esses tipos sendo essencialmente de interesse econômico (Martins Jr. et al., 2008c).

8 - Desenho de uso optimal e produção de energia hidro-elétrica

Esse tipo de produção dentro de Modelo DUOT é expresso pelo potencial dos cursos d'água pela análise de entropia de evolução da bacia hidrográfica. O método de análise de perfil de maturidade foi estabelecido por Yang (1971) e foi aplicado e desenvolvido para uso cartográfico dentro do Modelo DUOT pela sinalização de amplitudes de potenciais com especial ênfase para pequenas centrais e mini centrais hidroelétricas. Os potenciais são indicados por coloração especial de trechos de cursos d'água, em função de vazões específicas, em conjugação com diagramas do perfil previsto e do perfil analisado de maturação da sub-bacia em questão. A locação de estações hidrométricas deve ser adequada para complementar as informações de maturidade de perfil de modo a se integrar a modelagem de vazões específicas e os perfis medidos para o conjunto de sub-bacias, já que as locações devem ser exploradas em diversos rios e trechos dos mesmos cursos d'água (Figura 5).

Bacia Hidrográfica | Taxa de Bifurcação | Taxa de Comprimento | Concavidade do Fluxo | Taxa da Área | Taxa de Queda | Taxa de Frequência | Índice da Taxa de Frequência
 Big Muddy | 3.287 | 0.478 | 2.065 | 0.344 | 0.987 | 9.555 | 14.387
 Big Sandy | 3.931 | 0.414 | 2.423 | 0.203 | 1.003 | 19.365 | 22.935
 Colorado | 4.104 | 0.467 | 2.115 | 0.199 | 0.988 | 20.623 | 18.818
 Kaskaskia | 4.055 | 0.471 | 2.094 | 0.229 | 0.986 | 17.707 | 18.278
 Mackinaw | 3.877 | 0.505 | 1.929 | 0.261 | 0.974 | 14.854 | 15.202
 Merrimack | 4.468 | 0.391 | 2.612 | 0.285 | 1.021 | 15.677 | 29.255
 Rogue | 3.721 | 0.494 | 2.123 | 0.309 | 1.028 | 12.042 | 15.884
 Vermillion | 3.967 | 0.525 | 1.809 | 0.431 | 0.950 | 9.204 | 14.392



Vermillion	3.967	0.525	1.809
Bacia Hidrográfica	Taxa de Bifurcação	Taxa de Comprimento	Concavidade do Fluxo
0.431	0.950	9.204	14.392
Taxa da Área	Taxa de Queda	Taxa de Frequência	Índice da Taxa de Frequência
<input type="button" value="Adicionar Rio"/> <input type="button" value="Excluir Rio"/> <input type="button" value="Plotar Gráfico"/>			

Figura 5: - Tela do sistema sisORCI® para o programa de cálculo de perfil de bacia hidrográfica do Banco de Executáveis do sistema; os dados são provenientes do trabalho seminal de Yang (1971).

9 - Conclusões

Os mapas de Desenho de Uso Optimal do Território, DUOT, de bacias hidrográficas são parte de um conceito novo, patenteável, que tem por características dar seqüência aos vários tipos de zoneamentos ecológicos e econômicos ZEE. As conceituações epistemológicas, os procedimentos, métodos e produtos são seqüenciais na série de ações para o planejamento ecológico e econômico. O DUOT é um passo importante na evolução tecnológica da gestão, do planejamento e na modelagem do ordenamento do território e da produção econômica. Assim o sistema DUOT torna-se um sistema patenteável como novo método, novo instrumento e novo sistema de gestão ecológica e econômica de bacias hidrográficas, inclusive com acesso via rede e sistemas executáveis próprios.

10 - Referências

- ANDRADE, L. M. G. *Uso Optimal do Território de Bacia Hidrográfica com Fundamentos no Conceito de Geociências Agrárias e Ambientais - Bacia do Ribeirão Entre Ribeiros no Vale do Rio Paracatu*. Ouro Preto: UFOP-EM-DEGEO. Área de concentração de Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais. Dissertação de Mestrado. 2007.
- AYRES, R. *Resources, Environment and Economics*. 1973.
- CANTISANO, M. A. M. *Zoneamento Estrutural de uma Fonte de Sedimentos, Sub-bacia das Codornas, Quadrilátero Ferrífero*. Ouro Preto: UFOP-EM-DEGEO. Área de concentração de Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais. Dissertação de Mestrado. 1999.
- DAVIS, J.C. *Statistics and Data Analysis in Geology*. New York: John Wiley & Sons. 1973. 550p.
- GEORGESCU-ROEGEN. *The Entropy Law and the Economic Problem*. 1970.
- MARTINS Jr., P.P., GASTELOIS, B.R.C.J., ROSA, S.A.G. Conceitos e Metodologia para Mapeamento de Capacidade Assimilativa de Cursos d' Água e da Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica. VII SIMP. BRAS. SENS. REMOTO. *ANAIS VII*. 1993-a. p.190-197.
- MARTINS Jr., P.P., ROSA, S.A.G. Das Variáveis Significativas para um Geoprocessamento Cartográfico das Bacias Hidrográficas. Conceitos de Produtos Aplicativos Funcionais. X CONGR. BRAS. REC. HÍDRICOS. Gramado. 1993-b.

- MARTINS Jr, P.P., ROSA, S.H.G., César, F.M., GASTELOIS, B.R.J. Zoneamento Geológico-ecológico do Alto Rio das Velhas. XXX CONGR. BRAS. GEOL. *ANAIS XXX*. Camboriu. 1994-a. p.66-67.
- MARTINS Jr., P.P., ROSA, S.A.G., CÉSAR, F.M. Zoneamento em Áreas Homogêneas da Alta Bacia do Rio das Velhas com Base nas Características dos Geossistemas. VI SIMP. QUANTIFICAÇÃO GEOCIÊNCIAS. *ANAIS VI*. Rio Claro. 1994-b.
- MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., Vieira. R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. Boston: 4th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development. August 9-12. 1998.
- MARTINS Jr., P.P. 1998. Fundamentos Conceituais para o Desenvolvimento e a Prática das Geociências Agrárias e Ambientais. *A Terra em Revista*. No. 4. outubro. p.:10-15.
- MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., Vieira. R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. Annals of the 4th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development. Boston. 1998. August 9-12.
- MARTINS Jr., P.P. *Epistemologia Fundamental – Um Estudo Introdutório sobre a Estrutura do Conhecimento e a Aplicação Prática da Epistemologia na Pesquisa Científica*. Belo Horizonte: Fundação CETEC / UFOP-EM-DEGEO. Apostila Pré-livro. 2000. 169p.
- MARTINS JR., P. P. et al.. Projeto CRHA (2003-2006). *Conservação de Recursos Hídricos no Âmbito de Gestão Agrícola e Ambiental de Bacias Hidrográficas*. MCT/ FINEP/ Fundo Setorial CT-Hidro 2002. Relatório Final em 2006.
- MARTINS Jr., P.P., ENDO, I., CARNEIRO, J.A., NOVAES, L.A.d’A., PEREIRA, M.A.S., VASCONCELOS, V.V. Modelo de Integração de Conhecimentos Geológicos para Auxílio à Decisão sobre Uso da Terra em Zonas de Recarga de Aquíferos. Belo Horizonte e Ouro Preto: *Revista Brasileira de Geociências*. 36/04. 2006. No prelo 2007.
- MARTINS Jr., P.P., CARNEIRO, J.A., MARQUES, A.F.S.M., VASCONCELOS, V.V., ENDO, I., NOVAES, L.A.d’A. Modelo de Integração de Conhecimentos

Interdisciplinares para Auxílio à Decisão - Os Plantios Ecológico-econômicos em Zonas de Recarga de Aquíferos. *Revista Brasileira de Geociências*. Submetido em 2007.

MARTINS Jr., P.P., CARNEIRO, J.A., NOVAES, L.A.d'A., VASCONCELOS, V.V., de ANDRADE, L.M.G., PAIVA, D.A. Modelagem Geo-ambiental e Interdisciplinar para Ordenamento do Território com Corredores Florestais Ecológico-econômicos. *Revista de Geologia*. Vol. 21, nº 1. 79-97. 2008 a.

MARTINS JUNIOR, P.P., CARNEIRO, J.A., ENDO, I., de ANDRADE, L.M.G., , NOVAES, L.A.d'A., PAIVA, D.A. Agricultura, Conflitos entre a Gestão Territorial e Uso de Áreas de Zonas de Recarga de Aquíferos. Publicado no IV Encontro Nacional da ANPPAS. “Mudanças Ambientais Globais” – A Contribuição da ANPPAS ao Debate. Junho de 2008. Brasília. Em CD. (painel + texto). 2008 b.

MARTINS Jr., P.P., ROSA, S.A.G., CANTISANO, M.A.M., ANDRADE, L.M.G. 2008. Zoneamentos Ecológicos de Bacias Hidrográficas - Importância Econômica. Rio de Janeiro: Revista Economia & Energia ECEN. Ano XII. No. 69. Agosto-Setembro 2008. ISSN 1518-2932. 37p. digitais. 2008 c.

MARTINS Jr., P.P. & FERREIRA, O.C. 2009. Zoneamento Econômico de Territórios de Bacias Hidrográficas - Importância Ecológica. *Revista Economia & Energia ECEN*. No. 71. Dez/2008 - Jan/2009. Ano XI. Meio digital e impresso. p.: 23-38. (Em Português e Inglês). ISSN 1518-2932..

MOREIRA, C.V.R., FERREIRA, O.C., MARTINS Jr., P.P. Aplicação da Termodinâmica para a avaliação do Equilíbrio das Redes Fluviais - a bacia do rio Santo Antonio. *Revista Economia & Energia*. Rio de Janeiro. Ano 2003. www.ecen.com. Meio digital e impresso. (Em Português e Inglês). ISSN 1518-2932..

ODUM, H.T. *Environmental Accounting – Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley & Sons. 1996. 370p.

PROJETO MDBV. Metodologia para o Enquadramento Científico de Curso d'Água no Contexto de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. Belo Horizonte: Memória Técnica do CETEC. Projeto 1992-1994. Relatório II – 1ª Etapa. 1993. 74 p.

PROJETO CRHA. Conservação de Recurso Hídrico no Âmbito da Gestão Ambiental e Agrícola de Bacia Hidrográfica. Belo Horizonte e Ouro Preto: Projeto

MCT / FINEP / Fundo Setorial CT-Hidro2002. 2003-2006. Relatório Final Tomos I a III. www.cetec.br/crha

OLIVEIRA, I.S.D. de. A Contribuição do Zoneamento Ecológico Econômico na Avaliação do Impacto Ambiental: Bases, Propostas Conceituais. São Carlos: Dissertação de Mestrado. 2004. Esc. Enga. Ambiental.

VASCONCELOS, V.V. *Frentes Agrícolas de Irrigação e Zoneamento Ecológico-Econômico: Estudo de caso da Bacia de Entre-Ribeiros – MG*. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial. Belo Horizonte, 2009.

VIANA, R.F. *Parametrização e Regionalização de Atributos Físicos para a Dinâmica de Erosão na Bacia das Codornas*. Viçosa: Dept. Eng^a Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Geotecnia Ambiental. Dissertação de Mestrado. 1998.

YANG, T.C. Potential Energy and Stream Morphology. *Water Resources Research*. Vol. 7. NO. 2. April 1971. 311-322.

Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ

O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro e o Contexto Mundial de Mudanças Climáticas

Nivalde José de Castro: nivalde@ufrj.br

Guilherme de A. Dantas: Guilherme@ppe.ufrj.br

Resumo

As fontes alternativas e renováveis para geração de energia elétrica podem contribuir para uma matriz energética com baixa intensidade de carbono. Assim, deve-se garantir a inserção destas fontes na matriz energética brasileira em detrimento de combustíveis fósseis. Os autores propõem a realização de leilões específicos para cada uma destas fontes.

Abstract

Alternative and renewable sources for electric generation can contribute to the energy matrix with low carbon intensity. Therefore, the insertion of these sources in the Brazilian energy matrix in detriment to fossil fuels should be guaranteed. The authors propose specific auctions for each one of these sources.

Palavra-chave:

Brasil, matriz energética, fontes renováveis, combustíveis fósseis.

1 - Introdução

A redução das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera e, por conseguinte a limitação do aquecimento global é condição basilar para a garantia da sustentabilidade da vida na biosfera no médio e longo prazo. Trata-se de uma questão de ordem global, onde as responsabilidades são comuns, porém diferenciadas porque o aumento da concentração de gases do efeito estufa verificado a partir do advento da Revolução Industrial foi ocasionado essencialmente pelos países hoje mais desenvolvidos.

No entanto, e esta é uma questão que vem ganhando relevância, a responsabilidade deste conjunto de países no aumento do efeito estufa não exime o restante dos países da necessidade de se desenvolverem com base em alternativas tecnológicas sustentáveis em termos ambientais. Neste processo, deve-se considerar a adoção por estes países de estratégias *leap frog* de desenvolvimento. Esta trajetória de desenvolvimento seria distinta daquela percorrida pelos países do Norte, em termos ambientais e de con-

sumo de energia. Esta diferenciação pode vir a se constituir em uma grande oportunidade econômica, especialmente para países que já possuem um significativo grau de desenvolvimento como o Brasil.

O setor energético, maior responsável pelo aumento da concentração de gases do efeito estufa a nível mundial, possui uma diminuta participação no total das emissões brasileiras devido à relevante participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira, com destaque para a energia hidroelétrica e o consumo de etanol pelo setor automobilístico. No entanto, o Brasil é um dos maiores emissores de gases do efeito estufa do mundo, emissões estas oriundas essencialmente do desmatamento. Neste sentido, em um contexto de resposta às mudanças climáticas o Brasil - pela sua crescente importância internacional e magnitude de suas emissões - precisa ter uma posição pró-ativa nas discussões relativas à mitigação do aquecimento global e, sobretudo, tomar atitudes e adotar estratégias que venham a reduzir suas emissões.

O argumento central deste artigo é o seguinte: embora o problema brasileiro relativo às emissões de gases do efeito estufa esteja relacionado à mudanças no uso da terra, o setor energético, especialmente o setor elétrico que tem aproximadamente 90% de sua geração a partir de fontes renováveis, não pode ser alijado da discussão e das medidas a serem adotadas. Esta necessidade se baseia no fato de que a matriz energética brasileira precisa e pode permanecer com reduzida intensidade em carbono, evitando-se assim que as emissões brasileiras atinjam níveis insustentáveis. Verifica-se que as perspectivas de crescimento da demanda por energia elétrica nos próximos anos tendem a se manter elevadas em razão do crescimento e desenvolvimento econômico, mas há um cenário de referência, derivado dos resultados dos últimos leilões de energia nova realizados em 2007 e 2008 de que esta demanda adicional será atendida em grande parte pela geração a partir de fontes fósseis de energia.

O Brasil tem um enorme potencial de fontes alternativas e renováveis de energia elétrica a ser explorado. Merecem destaque a bioeletricidade das usinas sucroenergéticas e a energia eólica, que podem produzir energia neutra em carbono a custos consideravelmente mais competitivos daqueles necessários para viabilizar fontes renováveis de energia em outros países. Desta forma, a exploração deste potencial pode vir a se constituir em uma

oportunidade para a manutenção do caráter limpo da matriz elétrica brasileira. Por outro lado, esta possibilidade concreta se constitui em uma vantagem competitiva derivada do menor custo da geração, como também pode garantir mercado externo para diversos bens que no futuro venham necessitar de certificações de sustentabilidade ambiental para serem comercializados nos países mais ricos.

A questão central que se coloca é como garantir a inserção destas fontes de energia na matriz elétrica brasileira em detrimento da contratação de usinas térmicas movidas a combustíveis fósseis. O argumento dos autores é que devem ser criadas metas para cada uma das fontes componentes da matriz e realizar leilões específicos para cada uma destas fontes, de forma a se viabilizar a contratação e estrutura da matriz definida pelo planejamento como ideal. para o setor elétrico brasileiro.

Com o intuito de analisar este conjunto de questões, o estudo se divide em quatro partes, além desta seção introdutória. A primeira centra-se em uma breve revisão da relevância de se adotar medidas que permitam a estabilização da concentração de gases do efeito estufa em patamares sustentáveis. Ainda nesta seção, se analisará a contribuição dos países desenvolvidos e dos países em vias de desenvolvimento para o aumento do efeito estufa e qual o papel que cada um destes grupos deve ter na mitigação. A segunda seção, examina as perspectivas da matriz elétrica brasileira e o potencial e a viabilidade de inserção da bioeletricidade e da energia eólica nesta matriz. A terceira parte discutirá a necessidade de uma integração entre a política climática e a política energética, que deveria incorporar a variável ambiental como um parâmetro decisivo na determinação dos empreendimentos que irão compor a expansão da matriz elétrica brasileira. Por fim, serão feitas considerações conclusivas relativas ao estudo.

2 – A Necessidade de Mitigar o Aquecimento Global

A biosfera é o conjunto que compreende todos os ecossistemas terrestres. Os impactos ambientais oriundos da ação antrópica podem ocasionar relevantes desequilíbrios sobre os ecossistemas. Dentre estes impactos, as alterações climáticas são os mais relevantes devido à sua amplitude global que ameaça a biodiversidade, a própria exploração dos recursos naturais e, por conseguinte, o desenvolvimento humano na Terra, gerando no limite dúvidas relativas à sobrevivência da humanidade.

Na análise do aquecimento global é necessária inicialmente ter ciência de que o efeito estufa é um fenômeno natural. Ele permite que a temperatura média da Terra seja de 15° C. Caso não ocorresse este fenômeno, a temperatura média da Terra seria 30° C inferior. O efeito estufa consiste basicamente da capacidade do vapor d'água, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre outros gases, absorverem parte da radiação solar que incide sobre a Terra. Dentre estes gases, o vapor d'água é o gás de efeito estufa mais relevante. Porém, ele não é sensível às atividades antrópicas e desta forma o desenvolvimento sócio econômico verificado a partir do advento da Revolução Industrial em meados do século XVIII não alterou sua concentração na atmosfera. São os compostos orgânicos mais sensíveis à ação antropogênica, que tiveram suas concentrações aumentadas de forma significativa nos últimos 250 anos, que ocasionaram a intensificação do efeito estufa. Para melhor entender este processo, se faz necessário o conhecimento básico do ciclo biogeoquímico do carbono.

De acordo com RICKLEFS (1996), o solo, as rochas, os combustíveis fósseis, a atmosfera, os oceanos, a biota e a matéria orgânica são os principais reservatórios do carbono. Por sua vez, os métodos como as substâncias são transferidas de um depósito para outro são denominadas processos e consistem basicamente de três itens:

- Reação que é um processo de curto prazo representado pela respiração e pela fotossíntese;
- Dissolução que consiste na troca de carbono entre a atmosfera e o oceano; e,
- Deposição processo de ordem temporal relativa aos milhares de anos, que consiste na transformação de carbono solúvel em carbono insolúvel formando, por exemplo, petróleo e carvão mineral.

Enquanto os processos do ciclo do carbono estavam restritos a estes processos, o sistema encontrava-se em equilíbrio. Entretanto, a partir da Primeira Revolução Industrial o processo de combustão, até então de magnitude irrelevante, foi se tornando em um processo de grande importância ambiental, resultando no desequilíbrio do ciclo do carbono e o conseqüente aumento da concentração dos compostos orgânicos na atmosfera.

Para se ter uma noção da ordem de grandeza do aumento de con-

centração dos compostos orgânicos na atmosfera, recorre-se ao estudo do IPCC (2007), onde se estima que a concentração de CO₂ aumentou de um patamar de 280 ppm no período Pré-Industrial para atingir a cifra de 379 ppm em 2005. Concomitantemente, a concentração de metano teria se elevado de 715 ppb para 1774 ppb no mesmo período.

Devido à necessidade crescente de limitar o aquecimento global, o início da década de 90 marca a criação de um arcabouço institucional mundial para estabelecer metas e criar mecanismos que permitam a redução das emissões de gases do efeito estufa. Um dos princípios basilares deste arcabouço é o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas. A diretriz básica deste princípio é que os países desenvolvidos são historicamente os maiores emissores de gases do efeito estufa. Neste sentido, estes países possuem a obrigação de uma maior contribuição no combate ao aquecimento global.

O primeiro compromisso de redução de gases do efeito estufa no âmbito da Conferência das Partes foi o Protocolo de Quioto que estabeleceu uma meta de redução de 5,2% para os países do Anexo B no período compreendido entre 2008 e 2012. Uma questão relevante que se coloca atualmente, em especial após a Conferência de Copenhague (COP-15), é a necessidade de firmar acordo para o Pós Quioto e em que bases ele será estabelecido.

A consolidação e avanço da certeza científica relativa à influência antrópica sobre o aquecimento global, bem como dos danos nocivos sobre a biosfera resultam na necessidade de adoção de metas mais agressivas e consistentes para redução das emissões de gases do efeito estufa. Com o intuito de limitar o aquecimento global em 2° C até o fim deste século, e desta forma minimizar os impactos negativos das alterações climáticas, é necessário que se estabilize a concentração de gases do efeito estufa em 450 ppm. Para atingir estes níveis, será preciso uma drástica redução das emissões de gases do efeito estufa. Porém, o prazo, a magnitude destas metas e quais serão os países com maiores metas são objetos de muita controvérsia, conforme verificado na COP-15.

Merece ser destacado que, de acordo com NOBRE (2009), a redução das emissões de gases do efeito estufa em 50% até o ano de 2050 não será capaz de limitar o aquecimento global em 2° C. Segundo o autor, neste

cenário o aquecimento global ficaria contido em um intervalo entre 2,6° C e 2,8° C até o fim do século.

Um ponto de conflito na formatação de um novo acordo do clima é o estabelecimento de metas para países em vias de desenvolvimento. Esta questão é incompatível com o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas. A controvérsia se dá em razão de que estes países necessitam adotar uma rota de desenvolvimento econômico e padrão de consumo de energia distinta daquela traçada pelos países do Norte. Sem estas alterações estruturais, os impactos ambientais serão insustentáveis. Nesta perspectiva, a questão que se coloca é que derivado ao maior comprometimento e contribuição histórica dos países desenvolvidos para o aquecimento global, estes países deveriam auxiliar, de forma concreta, os países em vias de desenvolvimento na busca e configuração de um desenvolvimento sustentável através, basicamente, da transferência de recursos financeiros e tecnológicos.

Contudo, países em vias de desenvolvimento do porte de Brasil, China e Índia possuem economias e emissões de gases do efeito estufa de magnitudes que levam os países desenvolvidos a exigirem que estes países assumam compromissos de redução de emissões. Nesta discussão, é fato inegável que estes países possuem condições de reduzir suas respectivas emissões e responder às necessidades de alterações climáticas de forma distinta daquelas dos países pobres, como os africanos e os insulares. Neste sentido, o argumento que a transferência de recursos financeiros e tecnológicos deve ser restrita para mitigação e adaptação às mudanças climáticas nestes últimos países é consistente.

Independente da obrigatoriedade de reduções de emissões em países emergentes, a esfera do comércio internacional tornará imperativa a transição para a economia verde nestes países. Esta questão pode ser explicada da seguinte forma: investimentos em tecnologias com reduzida intensidade em carbono representam necessariamente maiores custos de produção, o que reduzirá a competitividade das economias dos países desenvolvidos. Desta forma, como medida de compensação se vislumbra uma série de barreiras comerciais a serem estabelecidas com base em critérios ambientais. Estas restrições só serão transpostas através de certificações de que o (s) produto(s) ofertado(s) pelo país em vias de desenvolvimento é ambien-

talmente sustentável. Esta é uma tendência forte e consistente a ser adotada pelos países do Norte, incluso por dar melhores condições de competitividade para seus produtos.

Do ponto de vista do Brasil, a perspectiva de transição para uma economia verde, indica uma posição nitidamente favorável e competitiva. O Brasil detém uma matriz energética com uma participação de 45% de fontes renováveis de energia em contraste com a matriz mundial, onde a participação de fontes renováveis de energia se situa na ordem de 12%. A condição brasileira de um dos cinco maiores emissores de gases do efeito estufa com emissões anuais de 2,2 Gt de CO_{2e} é determinada, essencialmente, pela mudança no uso do solo, sendo o desmatamento responsável por aproximadamente 60% das emissões brasileiras (MCT, 2009). A Tabela 1 apresenta dados sobre o perfil das emissões brasileiras em comparação com outros países e com a média mundial.

Tabela 1: Comparação das Emissões de Gases do Efeito Estufa por Grupo de Países e Tipo de Atividade.(*) (em %)

Região/ País	Energia	Transporte	Processos industriais	Agricultura	LULUCF (**)	Lixo	Total
Mundo	48,8	11,8	3,4	13,8	18,6	3,6	100
Anexo I	63,3	18,6	3,6	8,2	-	6,2	100
Não-Anexo	36,9	6,1	3,2	15,6	35,1	3,0	100
China	64,6	4,6	7,9	21,4	-1,0	2,5	100
Índia	52,3	6,8	3,5	34,8	-2,2	4,8	100
Indonésia	7,9	2,0	0,5	4,0	83,6	1,9	100
Coréia do	68,8	17,5	9,2	2,8	0,2	1,6	100
Brasil	8,8	5,7	1,5	20,1	62,0	1,8	100
México	50,5	16,6	3,5	8,2	15,8	5,3	100
África do	73,7	9,6	2,7	10,7	0,5	2,9	100

Fonte: SOUZA (2006).

(*) Os dados referentes ao Brasil são do inventário publicado em 2004 relativos ao período compreendido entre 1990 e 1994.(**)Mudança no uso do solo.

Frente ao perfil das emissões brasileiras é evidente que uma política de redução das emissões de gases do efeito estufa deve ter como foco prin-

principal a contenção do desmatamento. A Lei de Mudanças Climáticas brasileira é condizente com este objetivo. Mesmo assim, é preciso que exista uma integração entre as diretrizes da política energética brasileira com a estratégia de redução de mudanças climáticas. A busca desta aderência institucional entre as duas políticas se deve à necessidade do Brasil manter, e mesmo melhorar, a matriz energética com reduzida intensidade em carbono, com o intuito de realizar uma efetiva transição para uma economia verde, transição esta bem menos dolorosa e cara do que a da maioria dos países. Uma estratégia nesta direção permitiria ao Brasil aproveitar as novas vantagens econômicas de uma produção sustentável ambientalmente, ampliando ainda mais a competitividade econômica - energética do Brasil.

Neste sentido, o Brasil se encontra em uma condição extremamente favorável para a implementação da economia verde. O Brasil já explora fontes renováveis de energia em larga escala e detém um grande potencial ainda a ser explorado em bases extremamente competitivas, como é o caso da energia eólica, bioeletricidade no setor elétrico, bem como do etanol como insumo energético na frota de veículos leves.

3 – Perspectivas da Matriz Elétrica Brasileira

A matriz elétrica brasileira possui uma composição ímpar em relação ao resto do mundo com participação de geração hidroelétrica na ordem de 90%. Esta participação é muito expressiva para um mercado com a dimensão e escala do brasileiro. Esta matriz tem como base a existência de centrais hidroelétricas com grandes reservatórios que estocam água no período úmido do ano, permitindo a sua conversão em energia elétrica no período seco do ano. São estes reservatórios que possibilitam uma oferta regular de energia elétrica ao longo de todo ano, mesmo com um regime hidrológico irregular.

No entanto, embora ainda existam mais de 150 GW de recursos hídricos a serem explorados, a maior parte deste potencial se localiza na Região Norte do país, que é geograficamente plana. Esta característica física irá limitar a construção de grandes reservatórios, ocasionando uma crescente redução da capacidade de regularização da oferta de energia elétrica. Esta redução da capacidade de regularização da oferta de energia associada à

demanda crescente por energia elétrica torna necessária a diversificação da matriz energética brasileira com a inserção de outras fontes, especialmente aptas para operarem na base do sistema no período seco do ano (CASTRO et al, 2010). Uma das questões cruciais para o planejamento do setor elétrico brasileiro é determinar uma política energética de complementaridade à fonte hídrica, convergente com a política global de redução do efeito estufa.

Para analisar alternativas para a busca de elementos para esta política energética, deve-se partir do fato de que se configura uma transição da matriz elétrica brasileira de uma estrutura hídrica para uma composição hidrotérmica.

O Plano Decenal 2008-2017 elaborado pela EPE já aponta e atenta para esta evolução: as fontes fósseis de energia têm previsão de aumento de participação na oferta brasileira de energia elétrica de 11% em 2008 para 17% em 2017. As estimativas para 2017 devem-se ao aumento de empreendimentos termoelétricos movidos a combustíveis fósseis, resultantes dos últimos leilões de energia nova para entrega de energia elétrica em 3 e 5 anos (A-3 e A-5) realizados nos anos de 2007 e 2008. Contudo, esta direção de transição da matriz vai contra a política ambiental. Os resultados desses leilões são incompatíveis com a racionalidade e potencial de expansão do setor elétrico brasileiro, considerando além do potencial hidroelétrico, a bioeletricidade e energia eólica. Estas duas fontes renováveis apresentam possibilidades concretas de ampliação da participação na matriz.

Mesmo com esta possível ampliação da inserção de empreendimentos térmicos no parque brasileiro e o conseqüente aumento da geração termoelétrica na oferta brasileira de energia elétrica, a participação das fontes renováveis de energia na oferta brasileira permanecerá significativamente acima da média verificada nos países desenvolvidos com a implementação de metas ambiciosas de promoção de fontes renováveis de energia, como é o caso da União Européia. Entretanto, mesmo com o atual status do Brasil no campo da energia elétrica, não seria prudente aceitar o cenário que se configurou com os últimos leilões de energia nova, com a contratação maciça de usinas termoelétricas movidas a recursos fósseis. Há a necessidade de serem promovidos ajustes com o intuito de manter e até mesmo acentuar o caráter limpo da matriz brasileira. Esta para ser uma das formas estratégi-

cas para se estabelecer efetivamente uma economia verde.

A Tabela 2 ilustra com clareza o impacto negativo da inserção de térmicas a óleo em relação às emissões de gases do efeito estufa, caso se concretize as estimativas do Plano Decenal 2008-2017.

Tabela 2: Emissões de CO₂ de diferentes Fontes de Geração
(Kg por MWh)

Fonte de Energia	Emissão de CO ₂
Gás Natural (ciclo aberto)	440
Gás Natural (ciclo combinado)	400
Óleo	550
Carvão	800
Hidroelétrica	25
Eólica	28

Fonte: União Européia (2006).

Uma justificativa para a opção por empreendimentos poluentes seria o custo maior das fontes menos intensivas em carbono, induzindo assim para uma maior contratação de projetos com alto teor de carbono em prol da modicidade tarifária. Porém, recorrentes estudos do GESEL - Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da UFRJ vêm demonstrando que a aparente competitividade de projetos térmicos nos leilões de energia nova tem como base falhas metodológicas do ICB, que tem dado maior competitividade às fontes poluidoras nos leilões genéricos de energia nova, em detrimento de fontes renováveis, notadamente bioeletricidade e eólica. Portanto, o custo da energia não seria capaz de justificar o perfil da expansão da oferta brasileira de energia verificada nos últimos leilões.

Mesmo no caso em que os empreendimentos térmicos movidos a combustíveis fósseis tivessem, de fato, custos inferiores aos empreendimentos baseados em fontes renováveis de energia, a promoção destas últimas se torna imperiosa na medida que existe necessidade de estabelecer e pautar o desenvolvimento econômico em bases sustentáveis, assinalando-se que a própria economia verde oferece vantagens econômicas que irão no médio prazo compensar os maiores custos das fontes alternativas de energia.

Em relação ao Brasil, ao se analisar os custos da promoção de fontes renováveis de energia é uma premissa bastante plausível que estas fontes tendem a ganhar e deter maior competitividade em relação aos outros países. Esta premissa permite que a adoção da economia verde no âmbito energético possua menores custos e se processe de forma mais rápida em comparação a outros países. Desta forma, se faz necessária uma análise do potencial de inserção, dos custos e dos benefícios ambientais da bioeletricidade sucroenergética e da energia eólica, as duas fontes alternativas e renováveis de energia passíveis de serem inseridas na matriz elétrica brasileira no curto prazo.

3.1 - Bioeletricidade Sucroenergética

A energia da cana de açúcar é a segunda fonte de energia da matriz energética brasileira devido essencialmente ao Programa Brasileiro de Álcool iniciado em 1975. Os resultados deste programa garantiram e permitem a utilização de etanol em larga escala no modal de veículos leves e, em um segundo plano, na geração de energia elétrica para as usinas, e mais recentemente para utilização pelo setor elétrico brasileiro. No entanto, ainda existe um grande hiato entre o potencial energético da cana de açúcar e a energia que vem sendo de fato explorada. De acordo com KITAYAMA (2008), uma tonelada de cana de açúcar possui energia primária equivalente a 1,2 barris de petróleo. Desta energia, um terço está contida na sacarose e é plenamente utilizado na produção de etanol. Os outros dois terços estão contidos no bagaço e na palha, mas apenas uma reduzida parte é utilizada atualmente para a produção de energia térmica e eletricidade para auto-suprimento e para a venda nos mercados cativo e livre.

A alternativa econômica atualmente mais viável de exploração do potencial energético do bagaço e da palha advém da queima desta biomassa com a finalidade de geração de energia elétrica para ser comercializada. Os novos projetos sucroenergéticos – *greenfield* - já incorporam em seus planos de negócio a comercialização de energia elétrica em conjunto com o foco principal que é a produção de etanol e/ou de açúcar. Os novos projetos têm como tecnologia padrão a extra-condensação que permite a geração de 80 KWh excedentes por tonelada de cana processada, utilizando-se apenas o bagaço. No entanto, as plantas construídas durante os anos 70 e 80 – *re-*

trofit - utilizam tecnologias antigas e bem menos eficientes capazes de produzir modestos 12 KWh por tonelada de cana processada, atendendo basicamente as necessidades energéticas próprias, sem capacidade de vender para o mercado elétrico. Cabe frisar que a tecnologia de ruptura será a gaseificação da biomassa com a conseguinte utilização do gás da síntese para a produção de eletricidade. Esta rota tecnológica poderá produzir algo em torno de 270 KWh por tonelada de cana processada através do ciclo combinado (CORRÊA NETO e RAMÓN, 2002).

Como grande parte da safra canavieira é processada em usinas antigas, as quais podem prosseguir operando por mais algumas décadas, a plena exploração do potencial energético da cana de açúcar requer a modernização destas usinas através da implementação de plantas de cogeração capazes de gerar maiores montantes de excedentes de energia elétrica, a serem “exportados” para o setor elétrico brasileiro.

É importante assinalar que a estimativa de 80 KWh excedentes por tonelada de cana processada com base em turbinas de extra-condensação se refere à utilização apenas do bagaço de cana. Até recentemente esta era a única biomassa residual tecnologicamente viável para ser utilizada nas usinas sucroenergéticas como combustível. No entanto, o gradativo fim da prática das queimadas, por imposição da legislação ambiental irá disponibilizar grande quantidade de palha, que será utilizada como insumo energético nas usinas. A utilização da palha para a produção de bioeletricidade permitirá uma produção estimada em torno de 200 KWh por tonelada de cana processada ou a produção de eletricidade no período da entressafra.

Segundo SOUSA (2009), na safra 2008/09 foram processadas 562 milhões de toneladas de cana e se projeta que na safra 2010/11 se processe 1.038 milhões de toneladas de cana. Um exercício simples: partindo-se do pressuposto da adoção da tecnologia de extra-condensação em todas as usinas, mais a utilização de 75% do bagaço e 50% da palha disponíveis, será possível obter energia elétrica média de 13.158 MW. Para se ter uma dimensão da relevância deste número, a energia firme da maior hidroelétrica do mundo, UHE de Itaipu, é de 9.699 MWmed.

Portanto, diante deste significativo potencial de geração de eletricidade

dade, derivado diretamente dos resíduos da produção de etanol e açúcar, utilizando-se o processo de co-geração, mais a compatibilidade desta geração com os objetivos de promoção de fontes renováveis de energia e da utilização de processos de considerável eficiência energética como meio de reduzir as emissões de gases do efeito estufa do setor energético, a inserção da bioeletricidade em uma escala condizente com sua potencialidade é, indiscutivelmente, um importante mecanismo de manutenção do caráter limpo da matriz brasileira em linha com a transição para a economia verde.

Uma importante questão a ser discutida é o custo da bioeletricidade em relação aos custos das fontes de geração convencionais. O Leilão de Energia de Reserva realizado em 2008, específico para a contratação de bioeletricidade, comercializou energia a um preço médio de R\$ 155,70 por MWh. A título de comparação, o leilão genérico de energia nova A-5 de 2008 teve um preço médio de R\$ 145,23. De acordo com estudo publicado em 2008 (ver CASTRO et al.), projetos *greenfield* de co-geração sucroenergética seriam na época viabilizados com uma tarifa de R\$ 155,00 sem a necessidade de comercializar créditos de carbono. Logo, nota-se que com base nestes parâmetros monetários, os projetos de bioeletricidade estão próximos do limiar de competitividade com projetos térmicos convencionais. Os autores enunciam que para projetos *retrofits* a tarifa de equilíbrio seria, à época, da ordem de R\$ 180,00. Este diferencial de valores define e indica a necessidade de uma política econômica e energética específica, focada na redução dos custos deste tipo de projeto através, por exemplo, da adoção de instrumentos como desoneração tributária.

3.2 - Energia Eólica

Dentre as fontes renováveis e alternativas de energia elétrica que estão sendo promovidas em nível mundial, a energia eólica vem adquirindo destaque e relevância crescente. Esta tendência se deve ao fato do vento ser um recurso abundante e distribuído por todo o mundo. Além disto tende a se mostrar gradativamente mais competitivo em relação às outras fontes renováveis de energia, como por exemplo, a energia solar. Neste sentido, dado o aumento da demanda por energia elétrica e à necessidade de aumentar a participação de fontes renováveis de energia na matriz elétrica mundial, foram criados, nos últimos anos, consistentes programas de promo-

ção de energia eólica em uma série de países. Estes programas atuam pelo lado da demanda através, por exemplo, do estabelecimento de sistemas *feed-in*, assim como por políticas pelo lado da oferta como a desoneração tributária. Estas políticas permitiram que a capacidade instalada de turbinas eólicas ao redor do mundo sofresse um acréscimo expressivo de 6.100 MW em 1996 para 120.791 MW ao fim de 2008.

Os recursos eólicos brasileiros são de qualidade superior à média mundial em termos de quantidade e qualidade, medidas pela regularidade e intensidade. O potencial eólico brasileiro estimado ainda em 2001, é de 143.000 MW. Além deste potencial, o sistema elétrico brasileiro apresenta características extremamente propícias à inserção da energia eólica em bases mais competitivas que às de outros países. Do ponto de vista técnico, o caráter intermitente da energia eólica exige a presença de capacidade instalada ociosa. O parque gerador instalado tem que ser diversificado e superior à demanda de ponta do sistema para poder suportar eventuais reduções abruptas da geração eólica, dada a sua imprevisibilidade e incapacidade de previsão, mesmo de curto prazo. Por exemplo, países com elevada participação de energia eólica na matriz, como Portugal, estão enfrentando problemas em razão da necessidade de construir centrais térmicas para atuarem como *back-up* e suportarem assim as quebras de geração eólica.

O Brasil não se depara com este tipo de problema nem na necessidade de realizar investimentos suplementares, pois o parque gerador brasileiro, de base hidroelétrica, já possui uma significativa capacidade ociosa. Sua potência total instalada é superior a 100.000 MW para atender uma demanda de ponta média de 64.000 MW. Apesar do grande potencial de geração eólica e de possuir um sistema elétrico propício à inserção da energia eólica, a potência instalada atual no Brasil é irrisória, com pouco mais de 600 MW. A previsão é de atingir o patamar de 1.427 MW ao final de 2010. Estes valores estão bastante aquém da potência instalada de países como EUA, Alemanha e China que terminaram o ano de 2008 com potências instaladas de 25.170 MW, 23.903 MW e 12.210 MW, respectivamente.

A justificativa mais plausível para a inércia dos investimentos em empreendimentos eólicos no Brasil é que a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira já é muito expressiva, relegando para se-

gundo plano investimentos em fontes alternativas. Soma-se a este fator o incipiente desenvolvimento da indústria de aerogeradores nacional, fato que eleva o custo do investimento em equipamentos, que é o item mais expressivo da estrutura de custo do empreendimento eólico.

O Leilão de Energia de Reserva específico para energia eólica realizado em Dezembro de 2009 deve ser entendido como um marco inicial de uma nova fase para a energia eólica. O seu resultado refletiu o êxito de uma política energética geral que vem se ajustando na direção de buscar promover a ampliação das fontes renováveis na matriz.

Neste certame foram contratados 753 MWmed, o que representa uma adição de 1.806 MW ao parque gerador brasileiro. O preço médio do leilão de R\$ 148,39 por MWh surpreendeu e mostra um flagrante contraste com uma tarifa de equilíbrio para a energia eólica da ordem de R\$ 180,00. Estes resultados refletem a eficácia da política de redução de custos que contemplou:

Desoneração tributária;

Isenções fiscais;

Desconto na tarifa fio; e

Condições especiais de financiamento via BNDES.

A sinalização dada por esta política consistente de contratação de energia eólica permitiu atrair grupos dispostos a investir em fábricas de turbinas eólicas no Brasil, o que permitiu reduzir os custos de investimento para este leilão, e principalmente para os próximos.

A política brasileira de redução de custos da energia eólica seguiu as mesmas diretrizes daquelas adotadas em outros países que foram capazes de impulsionar o dimensionamento desta fonte de energia. Desta forma, o Leilão de Energia de reserva para energia eólica de 2009 deve ser analisado como o início de uma política consistente de contratação desta fonte de energia e não como um evento isolado. A adoção de uma política sistemática de contratação de energia eólica além de contribuir com a segurança do sistema elétrico brasileiro é condizente com o objetivo de se fazer a tran-

sição para a economia verde.

4 – O Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro

O atual modelo do Setor Elétrico estabelecido em 2004 possui como principal instrumento de expansão da oferta a realização de leilões. O objetivo central dos leilões é garantir que a oferta se expanda de forma a atender ao crescimento da demanda com o menor custo de geração possível, em linha com a necessidade de se garantir a modicidade tarifária, um dos pilares do marco regulatório do setor elétrico brasileiro.

Entre os tipos de leilões usados, destaca-se o leilão genérico que permite a competição, no mesmo certame, de projetos que utilizam diferentes fontes de energia. Esta formatação da contratação de energia por leilões genéricos é conflitante com o planejamento do setor elétrico. A partir do momento em que o leilão é genérico e não se sabe, a priori, qual a tipologia dos empreendimentos vencedores, logo pode surgir um elemento de contradição entre o resultado do leilão e o planejamento elétrico definido e formulado *ex ante*. Por exemplo, o planejamento define para 10, 15 e 30 anos a participação da energia hidroelétrica na matriz. Mas dada as dificuldades de se ofertar empreendimentos hidroelétricos nos leilões devido a morosidade dos processos de licenciamento ambiental e a falta de inventário nos anos 90, os leilões genéricos não contratam energia desta fonte. Como há outras fontes participando do leilão, elas suprem esta carência para equilibrar a oferta com a demanda futura, mas criam o paradoxo do planejamento *ex-post* a cada leilão genérico.

Neste sentido, o planejamento do setor elétrico brasileiro adquire a formatação de um planejamento *ex-post* aos resultados dos leilões genéricos, tendo em vista que são os resultados dos leilões genéricos que definem a estrutura futura da matriz. Esta parece ser uma contradição com o conceito de planejamento que, por definição, é *algo ex-ante*.

A definição da metodologia adotada em um leilão genérico é por si só bastante complexa e difícil, refletindo a própria dificuldade de criar metodologia e instrumentos de cálculo capazes de possibilitar a comparação correta entre empreendimentos com características absolutamente distintas. O Índice Custo Benefício - ICB, base desta metodologia, é adotado nos leilões

de energia nova. Ele apresenta deficiências metodológicas, conforme assinalado por CASTRO et al. (2009). De forma resumida, este índice é uma provisão de custos dos empreendimentos que se apresenta enviesado a favor da contratação de usinas térmicas flexíveis com elevados custos variáveis.

Em um sistema hídrico em que usinas térmicas com elevado custo variável sejam despachadas em um reduzido número de horas por ano, a contratação por disponibilidade deste tipo de empreendimento justifica-se porque estas usinas térmicas exercem, de forma eficiente, a função de *back-up* do sistema. Entretanto, em um sistema que necessitará de geração complementar ao parque hídrico de forma contínua no período seco do ano, estes empreendimentos são inadequados porque não possuem vocação para operar na base e aumentarão de forma significativa o custo da geração do setor elétrico na medida que venham a ser despachados em um número de horas superior aquele estimado quando do cálculo do ICB. Desta forma, verifica-se que a dificuldade dos empreendimentos de bioeletricidade e eólicos, assim como de térmicas inflexíveis a gás natural, em serem competitivos nos leilões genéricos está associado, em grande medida, às regras do certame.

Contudo, como o objetivo deste estudo é discutir os benefícios econômicos de investimento em fontes renováveis e as melhores alternativas de energia elétrica em um contexto de transição para a economia verde, se adotará para efeito analítico comparativo a hipótese de que o valor do (ICB) Índice Custo Benefício é, de fato, o custo da energia dos empreendimentos térmicos contratados nos leilões de energia nova. Eles serão considerados como o preço da energia convencional a ser comparado com os preços da energia de empreendimentos de fontes renováveis e alternativas.

Com base na perspectiva da colheita de 902 milhões de toneladas de cana na safra 2017/18 e com os pressupostos técnicos apresentados na seção anterior, é possível se estimar, em termos arredondados, um potencial de 10.000 MW_{med} nas usinas sucroenergéticas ao final do ano de 2017. Esta capacidade representará uma geração estimada de 89 TWh. Ao se comparar com geração equivalente oriunda de usinas térmicas a óleo pode-se estimar uma emissão evitada de 49 milhões toneladas de CO₂. Ao se

comparar o preço médio de R\$ 145,23 por MWh do leilão A-5 com o preço médio do leilão de biomassa de R\$ 155,70 por MWh conclui-se que o custo da tonelada de carbono evitada foi de R\$ 19,03, valor bastante aquém do custo de abatimento em outros países. Mesmo para uma usina *retrofit* com uma tarifa de equilíbrio em torno de R\$ 180,00, o custo de abatimento seria em torno de R\$ 63,22 por tonelada de CO₂, valor ainda muito competitivo com o custo de abatimento em uma série de países, especialmente no cenário de adoção de metas mais ambiciosas de redução.

Análise análoga pode ser realizada para empreendimentos eólicos. Por hipótese, admitindo-se que com o desenvolvimento da indústria de turbina eólica nacional o preço que viabilize a energia eólica, sem considerar as políticas de incentivos, seja de R\$ 160,00 por MWh, este valor representa um custo de abatimento de R\$ 26,85 por tonelada de CO₂.

Portanto, independente do Brasil assumir compromissos formais de reduções de emissões, destaca-se o fato concreto de que o custo de abatimento das emissões de gases do efeito estufa no setor elétrico brasileiro é extremamente competitivo. Desta forma, isso credencia e dá ao Brasil vantagens comparativas na transição para a economia verde em comparação com outros países, seja pela mera comercialização de créditos de carbono, seja pelo menor custo de produção de mercadorias sustentáveis em termos ambientais.

O planejamento do setor elétrico brasileiro deve atentar para a importância e necessidade da promoção do desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a variável ambiental deve ser contemplada na análise de quais os empreendimentos que devem ser inseridos na matriz elétrica brasileira. A formatação de um instrumento com base em metodologia consistente que possibilite comparar empreendimentos de fontes de geração distintas, em um padrão de geração de predominância hidrelétrica é extremamente difícil, ainda mais ao se incorporar a variável ambiental.

Desta forma, e por estas razões, os leilões genéricos devem ser substituídos por leilões específicos. O planejamento deve determinar e indicar parâmetros para a participação que cada fonte de energia, buscando e convergindo para uma matriz ideal.

A competitividade de projetos *greenfield* de bioeletricidade e o êxito

da política de redução de custos da energia eólica indicam as possibilidades e pertinências para a realização de leilões específicos que, pelos resultados já obtidos, indicam o não comprometimento da busca da modicidade tarifária.

5 - Considerações Finais

Os tomadores de decisão a nível mundial estão diante do desafio de assegurar o equilíbrio da biosfera tal e qual existe atualmente em meio às ameaças relacionadas com as alterações climáticas já em curso. A única resposta possível a este desafio é promover políticas que viabilizem a redução drástica da emissão de gases do efeito estufa com o objetivo de estabilizar a concentração destes gases na atmosfera em níveis que não ocasionem efeitos excessivamente danosos sobre os ecossistemas terrestres e conseqüentemente sobre todos os habitantes do planeta Terra. Devido a sua maior contribuição histórica nas emissões de gases do efeito estufa, a maior parte da responsabilidade do esforço deve ser realizada pelos países desenvolvidos. Duas são as principais estratégias: estabelecimento de metas internas de redução de emissão de gases de efeito estufa e a transferência de recursos financeiros e tecnológicos para os países em vias de desenvolvimento.

Entretanto, é uma hipótese plausível que um país com a economia do porte da brasileira esteja incluído no novo acordo climático, seja pelo estabelecimento de metas de redução ou ao menos assumindo compromissos voluntários de redução com recursos próprios. Embora a maior parte das emissões brasileiras estejam relacionadas ao desmatamento e logo o combate do mesmo deve ser o foco da política de mudanças climáticas brasileira, o setor energético precisa manter seu caráter de reduzida intensidade em carbono. Desta forma, a política energética deve estar alinhada com a política de mudanças climáticas.

O argumento dos autores é que o Brasil deve encarar a promoção de fontes renováveis de energia, especialmente no setor elétrico, como uma oportunidade porque esta promoção é condizente com o objetivo de se estabelecer a economia verde e o Brasil possui condições excepcionais para realizar esta transição com custos inferiores aos de outros países. No setor

elétrico, o potencial de geração de bioeletricidade e de energia eólica permite que se vislumbre a manutenção do caráter sustentável da matriz brasileira sem que se crie atrito com os custos de geração, desde que haja uma política consistente de inserção destas fontes na oferta brasileira de energia elétrica.

O efetivo aproveitamento das oportunidades descritas no parágrafo anterior requer que o planejamento do setor seja de fato executado, o que vem sendo dificultado pelo uso dos leilões genéricos de energia de energia. Neste sentido, existe a necessidade que os leilões de energia sejam segmentados por tipo de fonte de tal forma a permitir a contratação da matriz delineada no planejamento do setor que atenda os requisitos de segurança, economicidade e sustentabilidade ambiental pré-estabelecidos.

6 - Referências Bibliográficas

ANEEL. *Banco de Informações de Geração*. Disponível em

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em 03/01/2010.

ANEEL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 3ª. Edição. Brasília, 2008.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. *Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro*. Texto de Discussão n.º 15. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, Janeiro de 2010.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. *A seleção de projetos nos Leilões de Energia Nova e a questão do valor da energia*. Mimeo. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

CASTRO, Nivalde José de & Bueno, Daniel. *Os Leilões de Energia Nova: vetores de crise ou de ajuste entre oferta e demanda?* Rio de Janeiro: IE-UFRJ, 18 jun 2007.

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de A; BRANDÃO, Roberto; LEITE, André Luiz da Silva. *Bioeletricidade e a Indústria de Álcool e Açúcar: possibilidades e limites*. Synergia. Rio de Janeiro, 2008.

CORRÊA NETO, V; RAMON, D. *Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Co-geração no Setor Sucroalcooleiro*. Setap. Brasília, 2002.

- COSTA, Rafael Vale; CASOTTI, Bruna Pretti; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias. *Um Panorama da Indústria de bens de Capital Relacionados à Energia Eólica*. BNDES. Rio de Janeiro, 2009.
- COUTINHO, L. e FERRAZ, J. C. (Coord.). 1994. *Estudo da competitividade da indústria brasileira*. Campinas: Papirus, 512 p.
- DUTRA, Ricardo M. *Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do PROINFA*. Tese de Doutorado. COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2008-2017*. Rio de Janeiro, 2009.
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. *Global Wind 2008 Report*. Bruxelas, 2009.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key World Energy Statistics 2009*. IEA. Paris, 2009.
- KITAYAMA, Onorio. *Bioeletricidade: perspectivas e desafios*. In: III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.
- MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *INVENTÁRIO BRASILEIRO DAS EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: INFORMAÇÕES GERAIS E VALORES PRELIMINARES*. Brasília, 2009.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Resenha Energética Brasileira do Exercício 2008*. Brasília-DF, 2009.
- NOBRE, Carlos. Entrevista concedida ao Jornal O Globo. Rio de Janeiro, 19 de Dezembro de 2009.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). *Sumário para os Formuladores de Política – Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I do IPCC*. Paris, 2007. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/12413.pdf>.
- RICKLEFS, R.E. *Economia da Natureza*. 3ª Ed. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 1996.

- SOUSA, Eduardo Leão. Etanol: *Desafios e Oportunidades nos Mercados Nacional e Internacional*. II Workshop Infosucro/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 27 de Novembro de 2009.
- SOUZA, P. Metodologias de Monitoramento de Projetos de MDL: Uma Análise Estrutural e Funcional. Dissertação de Mestrado. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.
- SOUZA, Z; AZEVEDO, P. *Protocolo de Kyoto e Co-Geração no Meio Rural: Configuração Institucional e Organizacional e Perspectivas*. AGRENER GD 2006. Campinas, 2006.
- TOLMASQUIM, Mauricio T. *ANÁLISE DOS ASPECTOS E DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO E DA POLÍTICA ENERGÉTICA*. In: Fórum Perspectivas do Setor Elétrico Brasileiro para 2009 do GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 8 de Dezembro de 2008.
- UNIÃO EUROPÉIA. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council: an Energy Policy for Europe. Bruxelas, 2006.
- UNICA. *Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2008-2017 - Contribuições do Setor Sucroenergético em relação à Oferta de Bioeletricidade*. São Paulo, 2009.

Apoio:

The logo for ECEN consists of the letters 'e', 'e', 'e', and 'n' in a stylized, blue, lowercase font. The 'e's are connected to each other and to the 'n'.

ECEN - Consultoria Ltda.

The logo for CEMIG features the word 'CEMIG' in a bold, green, sans-serif font. A small yellow circle is positioned between the 'C' and 'E'. Below the name is the tagline 'A Melhor Energia do Brasil.' in a smaller, black font.The logo for the Government of Minas Gerais features a stylized triangle with a red center and green and yellow borders. To the right of the triangle, the words 'GOVERNO DE MINAS' are written in a bold, black, sans-serif font. The entire logo is framed by horizontal lines above and below.

Revista - Economia e Energia e.e.e Economy and Energy
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com]

Organização **Economia e Energia - e.e.e - OSCIP**
Diretora Superintendente: Frida Eidelman [frida@ecen.com]

Apoio:

Ministério da
Ciência e Tecnologia



Remetente:

Revista - Economia e Energia

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 - Centro
CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ