

PERSPECTIVAS GEOGRÁFICAS NOS SISTEMAS HIDROELÉTRICOS*

Rolf Sternberg**

INTRODUÇÃO

Entre as variedades de energia, a hidroelétrica quase não tem 100 anos. Ela, mais que qualquer tipo de fonte de energia, garantiu um papel importante, sem conseguir uma dominância na matriz energética mundial. Pensar no mundo sem eletricidade seria a mesma coisa que abolir o relógio. A energia hidroelétrica apressou a difusão dos artigos elétricos no mundo inteiro, ainda que ela tenha sido antecedida pela energia termoelétrica em vários locais selecionados. As fontes hídricas são mais amplamente distribuídas do que os combustíveis fósseis, garantindo assim, para a hidroeletricidade, sua presença competitiva na

maior parte dos países, ao longo dos anos. Originalmente, os sistemas hidroelétricos eram especialmente restritos em extensão por causa de problemas tecnológicos. Com o desenvolvimento da tecnologia da transmissão e o acesso a recursos hidropotenciais cada vez maiores, a limitação da distribuição foi rompida e a energia hidroelétrica pode ser examinada por uma perspectiva geográfica diferente.

A hidroeletricidade representa um sucesso da ciência e da tecnologia. Ao longo do tempo, uma cadeia de problemas foi sendo resolvida e culminou com a colocação da primeira unidade hidroelétrica em serviço em Godalming, Reino Unido, em 1881. Na espera científica, o controle da eletricidade e a sua aplicação controlada foi sendo dominada por líderes científicos tais como Volta,

* Recebido para publicação em 25 de setembro de 1989. Traduzido por Evangelina Xavier Gouveia de Oliveira.

Este artigo corresponde a uma versão ampliada e revisada de um trabalho apresentado no Congresso da União Geográfica Internacional em Sydney, Austrália em agosto de 1988.

** Professor Titular do Montclair State College, School of Humanities & Social Sciences — Department of Environmental, Urban & Geographic Studies — Upper Montclair, New Jersey, USA.

O autor agradece aos comitês Sabbatical e Released Time do Montclair State College pela liberdade e pelo incentivo à pesquisa e a Barbara De Beus pela ajuda na redação final.

Farady, Hjorth, Siemens, Wheatstone e Wenstroem. Da mesma forma, o aço, rolagens, turbinas apropriadas (que dependem da natureza dos rios) e os sistemas de transmissão gradualmente assumiram forma ideal para satisfazer as necessidades econômicas em transformação na Europa Ocidental. Essa modificação de uso da potência hídrica culminou na expansão, mais especialmente, na relocação das indústrias (anteriormente junto aos rios), para locais mais privilegiados, isto na virada do Século XIX para o Século XX. A introdução da energia hidroelétrica aparece naquele momento da história em que o motor elétrico conseguiu alcançar confiabilidade. Motores a vapor eram conectados por grandes cinturões de couro a uma floresta de máquinas amontoadas num pequeno espaço. Estes cinturões que se moviam eram soltos e causavam irregularidades no desempenho das máquinas, além de representar perigo para os trabalhadores. Nesse ambiente, o motor elétrico produziu a mais bem-vinda transformação nos locais de trabalho. As máquinas receberam motores elétricos individuais e cada uma produzia no seu próprio ritmo, evitando as conexões existentes nos sistemas a vapor. O desempenho e a produtividade aumentaram em cerca de 50% e isso coincidiu com a transição demográfica e um padrão de vida crescente. A energia elétrica apareceu quando o otimismo seria como comitê de recepção.

O objetivo desta análise é explorar o papel dos sistemas de potência hidroelétrica na perspectiva geográfica. A dependência em relação à potência hídrica foi radicalmente transformada quando as indústrias podiam se mudar à vontade dos sítios à beira-rio. A hidroeletricidade, além de ser distribuída para vários usuários, também contribui para uma reorganização das oportunidades locais, especialmente para a indústria e sistemas de transporte à medida que se expandiu a rede de potência em quilômetros (km) e quilovolts (kV).

A potência hidroelétrica é um sistema multifacetado que manifesta sua presença especialmente em variados contextos geográficos como no contexto do meio ambiente, nos aspectos econômicos, nas mu-

danças tecnológicas e que se traduzem numa reorganização espacial, modificação de várias culturas, além dos aspectos de conservação de recursos. Este estudo tem um objetivo duplo: a) prover uma análise bastante ampla dos estudos geográficos da hidroeletricidade na literatura, desde os anos 20, incluindo textos de Geografia Econômica que abrangem quase meio século. Esta avaliação inclui uma diversidade de tópicos para ilustrar a abrangência dos temas representados e a falta de um foco anterior na literatura; b) a análise acima, em conjunto com outros esforços de pesquisa, dá condições e bases para apresentar um modelo global de energia hidroelétrica, que ilustre os atributos espaciais dos sistemas de energia elétrica de uma forma geral. Isso então passa a ser um recurso, um produto e um meio de adaptabilidade espacial bastante ágil. É muito mais do que simplesmente a produção de alguns quilowatts/hora (kw-h).

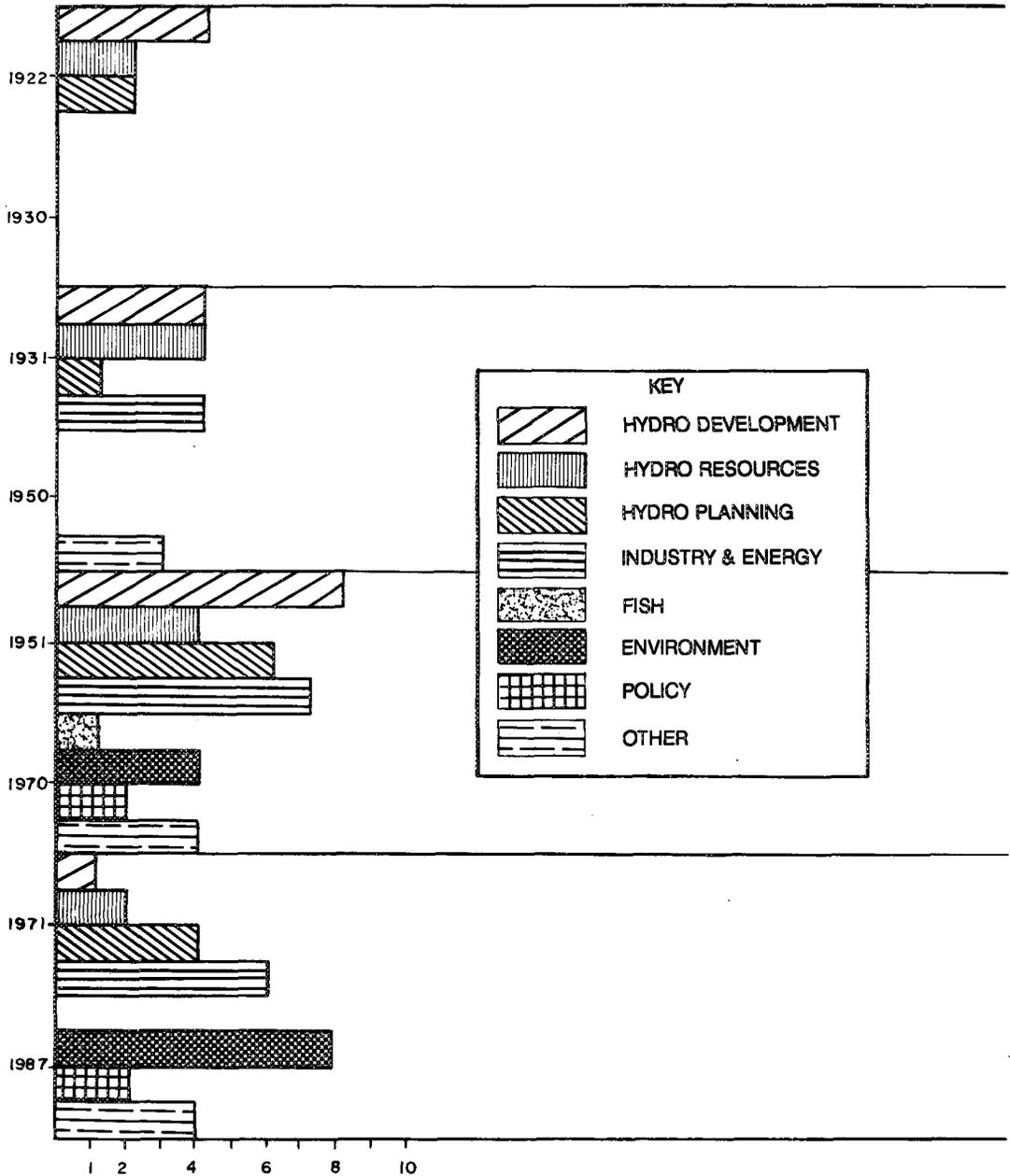
OS PRIMEIROS ESTUDOS DA HIDROELETRICIDADE

A hidroeletricidade por muito tempo atraiu poucos, se é que atraiu alguns, geógrafos. No começo do século, a disciplina era bastante jovem na Europa e nos Estados Unidos; seu nascimento data de 1904. Se se considera a ênfase contemporânea sobre a Geografia Física e o pequeno número de praticantes, a escassez do envolvimento no assunto desta análise é não só plausível, como razoável. Além disto, havia poucas revistas editadas por geógrafos nesta época (Figura 1). Nestas circunstâncias, as comunicações eram vagarosas e esparsas.

Em que medida a Primeira Guerra Mundial perturbou as atividades de estudo dos geógrafos individuais que poderiam ter seguido esta linha de pesquisa, não se sabe, mas ela com certeza foi um fator negativo para a disciplina iniciante. No contexto da época e de números, havia muito a fazer e muito pouco para atender a todos os desafios atraentes.

FIGURE 1

A TENTATIVE CLASSIFICATION OF HYDROELECTRIC RELATED RESEARCH PUBLISHED IN THE KEY GEOGRAPHIC PERIODIC LITERATURE: 1922-1987



Graph Data Based on: *Annals*, *Geographical Review*, *Economic Geography*, *Journal of Geography*, *Geographical Journal*, *Petermanns Geographische Mitteilungen*, *Journal of Tropical Geography*, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geographie*, *Progress in Physical Geography*, *Progress in Human Geography*, *Professional Geographer*, *Geographica Helvetica*, *Raumforschung und Raumordnung*, *Die Erde*, *Erdkunde*, *Geoforum*, *Soviet Geography*, *Antipode*, *Geographische Zeitschrift*, *Canadian Geographer*.

Atividades Contemporâneas em Relação à Hidroeletricidade

Depois da Primeira Guerra Mundial, estudos de R. Blanchard (1922:88) apontam desejabilidade de utilizar os recursos locais de potencial de água. A idéia do "Carvão Branco" fez dele um advogado bastante insistente na hidroeletricidade, na medida em que ele reconhecia sua função inerente de conservação. A novidade do assunto se combinava bem com a novidade de disciplina. Era um período de construção e, em algumas partes da Europa, uma época de reconstrução. A hidroeletricidade atendia a uma necessidade sócio-econômica que concorrentemente atraía a atenção acadêmica que se voltou para este assunto, tanto para estudar como para escrever. Entre 1922 e 1930, apareceram oito estudos nas revistas geográficas importantes, relacionados à hidroeletricidade (Figura 1). Embora a porcentagem da produção total de pesquisas entre geógrafos fosse mínima, na melhor das hipóteses, seria como um começo.

Otimismo — Orgulho Participativo em Tamanho e Alcance

Os projetos hidroelétricos promovem confiança e otimismo. É uma exibição de talento organizacional e de engenharia domar a natureza de forma construtiva e produtiva. As represas durante os anos de interguerras (1919-1939) não se comparam em tamanho com aquelas que foram construídas a partir de 1946, porém uma represa de 200 MW já tinha o esboço de uma superestrutura. A Suécia e a Noruega responderam as faltas de energia durante a Primeira Guerra, desenvolvendo seus recursos hídricos para conseguir, em certa medida, uma auto-suficiência em energia. A França começou um esforço similar (W. O. Blanchard, 1923:224). O Canadá voltou-se para a hidroeletricidade nos anos 20, para enfrentar as crescentes necessidades energéticas de seu sistema urbano em expansão. Estes desenvolvimentos ocorreram quando a hidroeletricidade podia atender a uma demanda de energia crescente. Ao longo do tempo, mesmo as unidades de 200 e 300 MW não conseguiram mais atender às crescentes necessidades energéticas em muitos paí-

ses. O desenvolvimento da hidroeletricidade no Canadá por volta de 1925 já tinha alcançado temporariamente um nível no qual se satisfazia a demanda doméstica, deixando um bloco substancial de eletricidade para exportação para os Estados Unidos (ibid: 195). A hidroeletricidade produzida no que então eram grandes complexos inspirava confiança e otimismo. O controle de enormes massas de água para fins aparentemente produtivos tornou-se uma máquina de otimismo perpétuo. Além disso, as plantas hidroelétricas foram gradualmente colocadas a distâncias cada vez maiores dos centros consumidores. Os aumentos dos kW transportados mudaram o alcance desta energia para distâncias cada vez mais longas e, com isso, a Geografia da energia hidroelétrica.

Meio Ambiente — Um Recurso não Limitado

Entre 1922 e 1954, poucos autores consideravam represas a partir da perspectiva de modificações ambientais (Figura 1). Durante a 1ª fase de construção de represas hidroelétricas, aproximadamente 1890-1920, os projetos eram muito pequenos em tamanho e altura, para provocar preocupações. Com o processo de assoreamento variando de bacia para bacia, e uma experiência ainda muito limitada para orientar engenheiros de projetos e tomadas de decisão, a consciência ambiental era insuficiente para segurar a expansão e o crescimento dos projetos hidroelétricos. Durante a 2ª fase, entre 1920 e 1950, a necessidade e o otimismo deixavam praticamente não permitir que aparecessem preocupações ambientais ou restrições aos projetos. Curiosamente agora, a construção de represas e as limitações sugeridas geralmente se aplicam a unidades hidroelétricas, enquanto que as represas para irrigação e aquelas para suprimento de água urbana não têm experimentado preocupações comparáveis, em grande medida.

Os geógrafos que estudaram o assunto entre 1922-1954 prestaram atenção mais à questão de desenvolvimento e planejamento de potência, em vez de aspectos ambientais (Figura 1). Estes pesquisadores regis-

TABLE 1
GEOGRAPHIC JOURNALS — 1922-1987

JOURNAL NAME	# OF STUDIES	%	JOURNAL NAME	# OF STUDIES	%
Annals	6	6.9	Professional Geographer ..	5	5.8
Geographic Review	19	23.0	Geographia Helvetica.....	5	5.8
Economic Geography	15	17.2	Raumforschung und Raumordnung	3	3.5
Journal of Geography	3	3.5	Erdkunde	2	2.3
Geographical Journal.....	1	1.0	Geoforum.....	1	1.0
Petermanns Geographische Mitteilungen	3	3.5	Soviet Geography	10	11.5
Journal of Tropical Geography	4	4.6	Antipode.....	1	1.0
Progress in Physical Geography	2	2.3	Canadian Geographer	2	2.3
Progress in Human Geography	2	2.3	Others	2	3.5
Tijdschrift voor Economische Geographie.....	1	1.0			

TABLE 2
JOURNAL TOTALS BY CATEGORIES AND %

TOTALS AND PERCENTAGE	HYDRO-ELECTRIC DEVELOPMENT	HYDRO-ELECTRIC RESOURCES	HYDRO-ELECTRIC PLANNING	ENERGY & INDUSTRY
Totals	17	12	13	17
%	19.5	13.8	14.9	19.5

TOTALS AND PERCENTAGE	ENVIRONMENT	POLICY	FISH	OTHER
Totals	12	4	1	11
%	13.8	4.6	1	12.6

traram muito detalhadamente as características físicas relevantes na bacia hidrográfica específica que estava sendo estudada. Em Geografia Física, freqüentemente se prestava mais atenção aos importantes aspectos aplicados do projeto discutido. A ausência de avaliações ambientais que mencionamos aqui serve para refletir o contexto da época em que estes estudos foram feitos (Figura 1).

Deve-se notar que, dos mais de 70 nomes existentes em bibliografia, apenas dois estudiosos publicaram três artigos nas revistas geográficas consultadas e sete em cada apresentavam dois títulos relacionados a esse assunto. Fels (1954) voltou-se para tópicos de meio ambiente, embora ele possa ter publicado sobre o assunto antes desta época.

TABLE 3
ECONOMIC GEOGRAPHY TEXTS & HYDRO-ELECTRICITY — 1940-1988
(in pages)

AUTHOR	PUB. DATE	COAL	OIL + GAS	HYDRO	MIXED	HIST.	% HYDRO.
Whitbeck + Williams	1940	9	13	4	—	—	15. -
Whitbeck + Finch	1941	35	19	5	—	—	8.5
Bengtson + v. Royan	1947	29	35	17	—	23	16.4
Lütgens	1950	—	—	3	—	—	100.
Zimmermann	1951	36	72	44	—	44	22.5
Fels.....	1954	6	—	13	—	—	68.4
Gregor.....	1963	44	46	11	—	—	11. -
Alexander 1 st .E.....	1964	7	20	6	4	—	16.2
Bösch.....	1964	10	6	3	8	—	11. -
Obst	1965	17	24	20	1	2	31.3
Thomas + Conkling ^{2nd} .E ...	1968	17	16	6	9	5	11.3
Conkling + Yeates.....	1976	6	4	—	4	—	—
Foust + de Souza	1978	—	—	—	—	—	—
Morill + Dormítzer	1979	1	13	—	—	—	—
Jumper et. al.	1980	13	14	1	31	—	1.5
Wheeler + Muller	1986	11	15	4	41	4	5.3
Berry et al.	1987	16	18	1	2	—	2.7
Hartshorn + Alexander.....	1988	8	23	2	6	1	5.1

GEOGRAFIA HIDROELÉTRICA EM TEXTOS GEOGRÁFICOS (1940-1980)

Os livros-textos servem como espelho dos principais interesses contemporâneos e direções de pesquisa de uma disciplina. A Geografia segue esta generalização. Cerca de 50 anos podem não parecer muito tempo para este tipo de análise, porém é um período razoável para capturar as realidades e questões-chave perseguidas e registradas durante este tempo. Raymond Murphy observou em 1954 que "quase nada foi feito sobre os aspectos geográficos da utilização de florestas e muito pouco em relação à Geografia da potência hidroelétrica" (1954:256). Se pouco foi feito naquela época, significativamente menos está sendo feito atualmente. Estes textos são preparados para servir a cursos em Geografia Econômica e, no entanto, autores, estudantes e leitores acadêmicos manifestam notáveis diferenças em interesse e mesmo ênfase em energia hidroelétrica. Conside-

rando que as revistas de pesquisas geográficas publicavam os resultados de pesquisa em hidroeletricidade, tais textos usaram muito pouco de suas generalizações (Tabela 3). À medida que mais informações sobre os tópicos se tornam disponíveis, a apresentação de características técnico-factuais foi resumida em banalidades.

A Potência Hidroelétrica nos Textos entre 1940-1965

Durante este período, a cobertura em textos sobre potência hidroelétrica foi feita com graus variados de detalhe (Tabela 1). Entre os textos para este período, incluem-se três, nos quais os autores apresentam o assunto em um ou mais capítulos em vez de algumas tantas ou poucas páginas. O estudante era exposto ao assunto em suficiente detalhe para obter uma compreensão do sistema físico-mecânico-econômico-social a serviço da sociedade. A apresentação histórica da energia se deu mal, em geral, precisamente no setor em que se experimentou instrumental para fazer possíveis as mudanças discutidas nestes textos (ver co-

luna histórica da Tabela 3). Livros-textos são espelhos do interesse do autor, da ênfase e do enfoque do assunto. Apresentações desequilibradas ou não apresentações de materiais relevantes para o assunto reduzem as orientações educacionais dos estudantes, diante das várias opções existentes no setor de energia e, nesse caso, de energia hidroelétrica. Fontes de energia são apresentadas no contexto de padrões de produção e consumo e modelos de circulação a ela relacionados. Apenas Zimmermann (1951) se aproxima do assunto em detalhe suficiente para mostrar os relacionamentos inerentes ao setor. Em geral, com exceção de Bengtson, Van Royen e Obst, os autores dos diversos textos, assumiram uma responsabilidade maior do que eles se deram conta.

Energia Hidroelétrica à Sombra da Energia Térmica (1965-1988)

Thomas e Conklin (1968) produziram o último texto de Geografia Econômica que apresenta uma cobertura mínima do assunto. Se existe uma ou nenhuma página sobre energia hidroelétrica, é uma questão que não tem importância (Tabela 1). Que esse enfoque não tem universalidade, quando o material é apresentado de forma que sugere precisamente isso, é um aspecto educacionalmente difícil de justificar. O texto mais recente, elaborado por Hartshorne e Alexander (1988), tem um capítulo sobre petróleo, oito páginas para carvão e concede apenas duas páginas para hidroeletricidade. O interesse e a competência dos autores são uma coisa e as necessidades dos estudantes são outra bem diferente. Esse é um fato e um problema que não se restringe à Geografia Econômica ou à hidroeletricidade em particular.

Dado este *background*, quantas monografias produzidas por geógrafos sobre energia hidroelétrica podem ser recomendadas para a comunidade acadêmica ou para as bibliotecas públicas? Não há nenhuma para recomendar. Se se consideram os estudos sobre carvão e petróleo feitos por geógrafos, então este fato se torna de difícil explicação. A potência hidroelétrica é um

sistema que funciona num contexto diferente dos combustíveis fósseis ou de biomassa. Os estudos sobre hidroeletricidade são necessários não apenas para explorar e apresentar sistemas de geração e transmissão, mas também dão uma perspectiva sistêmica às condições ambientais a fim de protegê-la e ao enorme investimento social de tais empresas. O sistema hidroelétrico é especialmente multifacetado e um assunto fascinante para estudo. Vários livros sobre energia foram escritos por geógrafos desde meados da década de 60. São livros excelentes, porém mais trabalhos por setores específicos de energia são necessários. Monografias sobre fontes alternativas de energia seriam incluídas somente a partir de 1986 (Sawyer, 1986). Pela própria condição do assunto, esta é uma área iniciante na Geografia da energia porque as fontes energéticas alternativas têm que se tornar viáveis em termo de custo e volume de produção.

GEÓGRAFOS E ENERGIA HIDROELÉTRICA: ENFOQUES VARIADOS

Geógrafos examinaram o assunto a partir de uma perspectiva de Geografia física e de Produção. O desenvolvimento de bacias hidrográficas, as características físicas da área do projeto, o regime climático do divisor de águas, o potencial hidroelétrico e a produção de eletricidade anual se tornaram o centro das descobertas das páginas apresentadas (Buchanan & Olgivie, 1930; Botts, 1935: 144-158; Patton, 1926: 168-196 e James, 1942: 13-16). A perspectiva de sistemas não se mostrou atrativa. Na época da construção da represa Hoover, iniciada em 1931, as mudanças tecnológicas tinham alcançado um nível que permitia a transmissão de eletricidade num raio de 500 km. Los Angeles tinha se tornado um centro de consumo elétrico alcançável pelas linhas de transmissão. Novas considerações sobre a relação entre a energia elétrica e seu alcance de distribuição puderam ser fomentadas. Mais tarde, já em 1980, Cuff & Young escrevem: "apesar destes avanços, no entanto, a hidroeletricidade ainda é geralmente

consumida na região de sua produção. O seu uso limitado deve-se parcialmente a problemas de transmissão e parcialmente à competição de outras formas de energia mais baratas”.

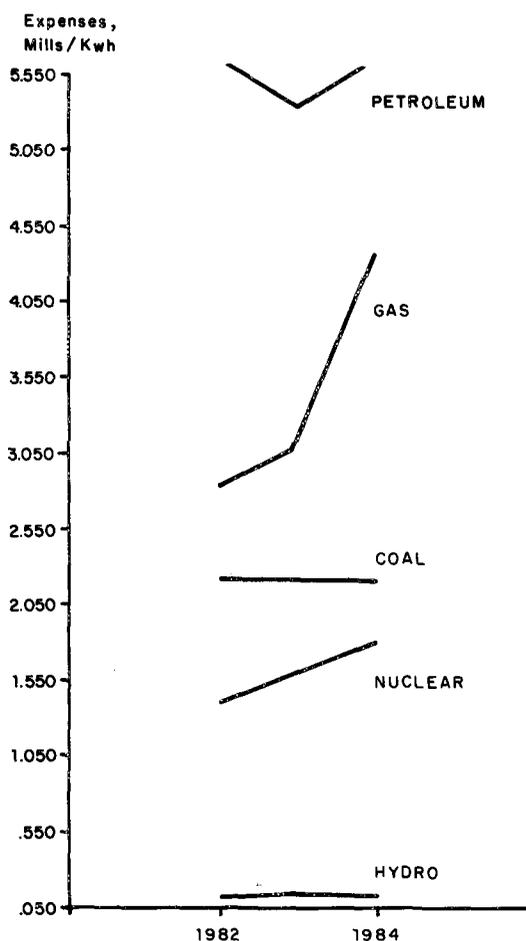
Quais fontes de energia são mais baratas? Um ou dois exemplos ilustrativos teriam sido de boa ajuda aqui (Figura 2). Reconsiderações do problema ainda estão sendo feitas. A construção da represa Grand Coulee foi iniciada em 1933 e ela ainda não alcançou o seu potencial projetado de 10 830 MW (6 494 MW em 1987). Seaman & Tennant (1938) usam o projeto para avaliar o trabalho *Changing Frontier in the Columbia Basin*. Este estudo é ilustrativo, no contexto em que as mudanças foram percebidas e enfocadas; além disso, os autores apresentam cinco fotos do projeto da represa sem qualquer interpretação esclarecedora sobre a hidroeletricidade. O trabalho na região da TVA (Tennessee Valley) começou mais ou menos na mesma época e G. Donald Hudson (1939) apresenta um esforço de equipe que aqui é mais eficientemente listado por títulos:

- 1 — Hudson, G. D.: *Setting for the work of the local Planning Division*;
- 2 — Gray, A. J.: *Land Use Aspects of Reservoir Problems*;
- 3 — Howes, R. M.: *Recreational Opportunities Arising from Reservoir Construction*;
- 4 — Miller, H. V.: *Effects of Reservoir Construction on Local Economic Units*;
- 5 — Torbert, E. N.: *Utilization of Findings in the Appraisal of Projects and the Planning of Readjustments*;
- 6 — Crossman, C. C.: *Determining the Purchase Boundaries and the Use of Reservoir Properties*;
- 7 — Roterus, V.: *Meeting Regional Problems and Needs*.

Se qualquer destes autores apresentou considerações sobre a hidroeletricidade em outros locais, nenhuma dessas contribuições foi localizada nas fontes consultadas. Será possível que os baixos custos de energia e sua abundância geral foram tais que o assunto foi desprezado por causa de seu baixo valor econômico, intrínseco no contexto da época e das necessidades sociais? Isto pode ter levado a um enfoque diferente de pesquisa, na época.

FIGURE 2

AVERAGE ANNUAL PRODUCTION EXPENSES FOR DIVERSE ELECTRIC POWER PLANTS 1982-1984*



* US, D. E/EIA, *Historical Plant Cost & Annual Production Expenses for Selected Electric Plants-1984*. Washington, DC. GPO, 1986, 11, 88, 189, 207. These values exclude transmission & distribution.

Energia Hidroelétrica Durante sua Fase de Crescimento nas Revistas Geográficas

Entre 1922 e 1950, apareceram 25 estudos relacionados à pesquisa hidroelétrica em revistas geográficas. Um terço (8) destes estudos falou de desenvolvimento hidroelétrico; outros seis falavam da pesquisa

e recursos hidroelétricos na indústria e a energia atraiu quatro pesquisadores. Questões ambientais, embora não fossem significantes (para os autores) em qualquer época, atraíam nesse período pouco ou nenhum esforço de pesquisa porque os reservatórios eram pequenos em área e na Europa, as taxas de assoreamento eram moderadas, por causa do clima e dos extensos controles da erosão. Um artigo metodológico foi publicado para dar uma avaliação sistemática da taxa de participação regional na distribuição de energia nacional do Brasil (O'Reilly Stenberg, 1948). A maior parte dos autores fala nos progressos imediatos que se esperam para os países e regiões (Figura 1). No começo da década de 50 a França promoveu ativamente os projetos do vale do Rhone (Kish, 1955: 81-98). Os russos cada vez mais se voltaram para o desenvolvimento dos seus maiores projetos na Sibéria. Ao mesmo tempo, houve repetidos estudos e esforços para redirecionar os rios que correm para o norte (Yenisey, Ob e Lena), para as terras baixas do sudoeste. Isto contribuiria para subir o nível das águas dos mares Aral e Cáspio. Em que medida isto modificaria os projetos hidroelétricos existentes e futuros é uma coisa que resta para ser explorada e respondida (Vendrov, 1965; Gerasinov, 1968; Chernenko, 1968; Naymushin e Gindin, 1960). O potencial hidroelétrico do rio Volga está sendo utilizado através da construção de uma seqüência de represas ao longo de seu curso; o desvio de água para o canal Volga—Don para navegação complica o sistema hidroelétrico do mar Cáspio.

O registro de publicações muda notavelmente a partir de 1970 em direção aos tópicos ambientais. Entre 1970 e 1985, a literatura nas revistas cada vez mais apresenta estudos sobre tópicos ambientais selecionados, deixando bem para trás o desenvolvimento da energia hidroelétrica (Figura 1). E, freqüentemente, os estudos ambientais não são especificamente de hidroeletricidade. Os hidrogeomorfólogos contribuíram com trabalhos importantes, notadamente os de G. E. Petts (1979), que avaliou a morfologia dos canais dos rios abaixo das represas, depois da formação dos reservatórios. A experiência brasileira indica mudanças

nos rios acima, na formação de deltas, notadamente onde um tributário corre para o canal principal, acima do reservatório. Os técnicos ambientais do setor hidroelétrico brasileiro acompanham este processo e suas mudanças resultantes com muita atenção. Outro tópico no gênero é a condição de escoamento de canal abaixo da represa (Park, 1981). A tendência de se supor que as represas tendam a ser uniformes ou semelhantes e daí a suposição de que as tensões ambientais em uma represa se repetam em outras é uma hipótese errada. Smill estuda os programas chineses para desenvolvimento dos rios: a partir de seus escritos, surge um grau notável de preocupações por causa das pesadas cargas de sedimentos e as conseqüências ambientais nas bacias hidrográficas estudadas. Smill não é sentimental mas é socialmente consciente e sensível. Ele diz que não gosta da provável extinção do *sturgeon* chinês e registra que a inclusão de uma escada para os peixes na represa Gezhouba permanece não resolvida; no entanto, pelo bem maior do público (proteção contra as enchentes e geração de energia), pode-se propor ou supor que a extinção de várias espécies de peixes e um preço baixo para pagar (Smill, 1984: 87).

As represas colocam para a sociedade que dependem de energia escolhas que geralmente são do tipo sim ou não e nada entre uma hipótese e outra. E. Fels observou que a sedimentação dos reservatórios é significativamente mais lenta do que o esperado, mas isso não ajuda aos peixes *anadimous* ou outras espécies de peixes migratórios que instintivamente voltam para a sua área de desova.

Uma outra perspectiva sobre o assunto que estamos revendo pode ser oferecida sob forma de citação de tópicos para uma época selecionada. Baseando em *Geographic Perspectives on Energy: A Bibliography*, e editado por J. L. Blue (1982), a energia hidroelétrica está em décimo lugar entre 12 tipos de energia citados. O ambiente está incluído como um setor. Por exemplo, a energia geotermal passa na frente até mesmo do setor de energia nuclear e a energia solar aparece com mais onze citações que a energia geotermal. Os fatos falam por si (Tabela 4).

TABLE 4

NUMBER OF CITATIONS BY ENERGY SECTOR FOR YEARS 1975-1981*

Coal	40
Petroleum.....	40
Environment	38
Solar Energy	36
Geothermal	25
Nuclear Energy.....	20
Gasoline.....	18
Natural Gas	18
Oil Shale	10
Hydroelectric	7
Wind	4
Wood	3

* *ibid.***Energia Hidroelétrica como um Fornecedor de Energia Regional**

Inicialmente, a hidroeletricidade servia como um fornecedor de eletricidade localizado. Essa idéia firmou-se na literatura geográfica e Cuff & Young, ainda em 1980, reafirmam isso (p. 311). Em 1981, Belém (Brasil) começou a receber energia hidroelétrica da barragem de Sobradinho a uma distância de 1 650 km. A hidroeletricidade das Cataratas de Niágara servia como fonte de energia para atrair indústrias entre as quais a aciaria e a de produtos químicos que eram as mais proeminentes. No lado canadense, a hidroeletricidade servia para a formação da indústria de papel, seguida pela indústria de alumínio no vale do São Lourenço. Aquela fonte de energia, em determinada época bastante local, foi gradualmente aumentando seu raio de ação e alcance e, com isso, vendo crescer a esfera de influência de seus serviços (Schuler, 1962: 198-200).

A hidroeletricidade é uma fonte energética que necessita de capital intensivo porque os investimentos iniciais para sua infraestrutura civil e mecânica são muito altos. A vantagem competitiva significa tempo e custos de operação baixos, tornando-se uma fonte de energia virtualmente gratuita. São essas três considerações que fizeram da hidroeletricidade uma fonte de energia

viável, mesmo quando os combustíveis fósseis estavam a baixo preço. E é por essa razão que a hidroeletricidade foi aceita nos Estados Unidos e na União Soviética, dois países ricos em combustíveis fósseis. Onde os recursos hidroelétricos locais foram desenvolvidos, eles serviram a núcleos de indústrias da área, tal como aconteceu na Nova Inglaterra (Botts 1935: 293), ou em grandes centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro. Essas ligações originalmente restritas entre a região produtora e o centro consumidor próximo, gradualmente, perderam sua restrição por causa das mudanças tecnológicas, na engenharia de transmissão.

A maior parte dos projetos iniciais de energia hidroelétrica serviram a bacias de energia restritas. Os primeiros estudos de potencial hidroelétrico refletem a conexão muito próximo entre a época da tecnologia vigente e o potencial de recursos hídricos considerados. Os números então registrados ilustram a realidade contemporânea. Nos estudos sobre recursos de potência hídrica no Brasil, P. E. James, registra dados de 1937 que correspondem a níveis tecnológicos daquela época (P. E. James, 1942: 13-16). A hidroeletricidade ilustra enfaticamente a necessidade que a mudança tecnológica impõe de uma reavaliação contínua das relações espaciais (Tabela 5).

Os dados de 1937 apóiam a idéia do alcance restrito do potencial hidroelétrico; no entanto, esta condição foi drasticamente alterada, desde o início dos anos 50. A tecnologia permite transferências continentais instantâneas de energia elétrica e é dentro deste contexto que o Brasil vai desenvolver o complexo de Volta Grande, no Xingu, com um potencial nominal de 18 000 MW (merece recordação a existência de 14 000 MW para todo o Brasil em 1937). A perda de energia no vazamento ao longo de grandes distâncias, através das linhas de transmissão de alta voltagem, fica em torno de 1,5 a 2,5%; as perdas que são severas ocorrem nos sistemas de transmissão de baixa voltagem. Quanto mais baixa a voltagem ao longo de uma determinada distância, é maior a quantidade de energia perdida. As linhas de transmissão de baixa voltagem possuem cabos de diâmetro me-

TABLE 5

REPORTED HYDROELECTRIC POTENTIAL INSTALLED HYDROELECTRIC POWER FOR SELECTED COUNTRIES*

HYDROELECTRIC POTENTIAL (MW)		NAMEPLATE POTENTIAL (MW)		
Brazil	1937	14,000	1988	47,000
U.S.A.	1937	25,000	1986	84,615
U.S.S.R.	1937	50,000	1978	47,400

(* U.S.D. of Energy, 1986, 7; Pryde, 1983, 81; James, 1942, 13-16).

nor, daí que as perdas de energia num tal sistema são em função de $P = I^2 R$ onde P — perda de potencial; I^2 é a corrente ao quadrado e R a resistência. Existe bastante material para análises espaciais nesta área limitada de avaliação e desenvolvimento de modelos.

Consciência Ambiental — Uma Consciência Necessária

A consciência ambiental é conseqüência da intensificação do uso de recursos, derivada de um rápido aumento da população e uma sensibilização política a uma expectativa crescente entre as pessoas da maior parte dos lugares. Um número crescente de pessoas exerce sobre a base total de recursos uma pressão que vem aumentando de intensidade. No começo, quando a energia hidroelétrica era recém-chegada e os projetos eram relativamente pequenos, a consciência ambiental foi obscurecida por uma aura de otimismo do espírito pioneiro do progresso. Quem questiona o progresso? Por quê? Na literatura geográfica inicial sobre represas hidroelétricas, os autores avaliam quaisquer mudanças potenciais na geomorfologia de riachos, incluindo o rio abaixo da represa (Greiner, 1933:133). Então, as preocupações ambientais estavam abrangidas pela Geografia Física, como as questões mais importantes em torno da produção de energia (Blanchard, 1928: 266-268). A consciência ambiental surgiu durante os anos 50 e foi efetivamente apresentada em um Simpósio em 1955 com o trabalho *Mains Role in Changing the Face of the Earth* (L. B. Leopold, 1956: 638-647). L. Leopold expressou sua preocupação pe-

las mudanças nos canais dos rios como conseqüência do número crescente de represas hidroelétricas. Os reservatórios aumentaram tanto em área quanto em volume. Noruega, Suíça, Itália e França voltaram-se para a energia hidroelétrica, pois eles tinham poucos recursos em combustíveis fósseis para mover suas indústrias ou servir sua população urbana. Nesta época, as represas foram construídas sob padrões comuns de engenharia, sem relatórios sobre impactos ambientais, o que seria normal nestes casos. Os relatórios de impactos ambientais são obrigatórios pelo Banco Mundial hoje em dia, ou seja, hoje, e não naquela época.

A ética da conservação não é nova. Em vez disso, ela passa por fases em que está fraca e épocas em que ela está muito bem. O meio ambiente e a sociedade podem escapar dessas oscilações se medidas claras de política ambiental forem colocadas, para assegurar práticas de gerenciamento ambiental seguras. Uma consciência ambiental e política pode se tornar associada se houver suficiente pressão no âmbito público. Trabalhos acadêmicos, então, podem-se tornar instrumentos indiretos de mudanças e isto aconteceu na época mais ou menos coincidente com o surgimento de dois livros: um deles *Man's Role in Changing the face of the Earth* (L. B. Leopold, 1956), já citado, e o outro, *Der Wirtschaftende Mensch Als Gestalter der Erde* (E. Fels, 1954), inicialmente publicado em 1935. Fels tratou da intervenção da economia e ambiente e das conseqüências observadas. De interesse particular são sua atenção a reservatórios, seu tamanho, volume e seus

usos múltiplos possíveis. Ao longo dos anos, ele acompanhou o aumento dos reservatórios controlados, para avaliar suas extensões, áreas e seus impactos físicos (E. Fels, 1954, 1965, 1967 e 1974). Ele avisou a respeito do perigo de gerenciar grandes represas, pois qualquer distração e cada exagero poderiam levar a conseqüências negativas (E. Fels, 1954:58). Em 1974, Sewell fez uma revisão dos benefícios do holismo no contexto das percepções ambientais e colocou em questão o enfoque fragmentado, tão dominante quando se trata de potência hidroelétrica (W. R. D. Sewell, 1974: 85-86).

Gerentes residentes de represas hidroelétricas, na maior parte dos casos, possuem experiência em assuntos de engenharia. Considerados como tecnocratas, a sua atenção necessária a um bom gerenciamento ambiental pode ser facilmente contestada. Apenas para registro, no Brasil, os vizinhos das represas são fazendeiros, grandes fazendas, serrarias e comunidades urbanas. Uma vez que a represa esteja pronta, o gerente residente se transforma num conservacionista. Os investimentos são muito grandes para permitir uma negligência ambiental. É este aspecto que é inadequadamente analisado quando os geógrafos tratam deste assunto. Smil está preocupado com o assoreamento excessivo associado a Chang-Jiang (rio Yang tze Kiang, China), a maior parte do qual é causada pelas práticas inadequadas de uso da terra nas regiões das cabeceiras (V. Smil, 1984: 85-86). Aqui, a tecnologia tem que ser projetada para permitir a gerência desse recurso físico mas isso aumenta o custo que muda a viabilidade sócio-econômica dos projetos hidroelétricos. Alguns autores usam um suplemento especial como ênfase e aplicam este estratagem para inferir que a questão tratada cobre uma ampla generalidade. Getis *et alii* fazem uso deste suplemento como referências específicas para Brokopondo, Suriname e Tucuruí (A. Getis *et alii*, 1988:29), porém nem Brokopondo nem Tucuruí se adaptam às amplas generalizações sugeridas. Brokopondo se tornou um *error model* mas as dificuldades associadas com

a formação do reservatório foram significativamente mitigadas algum tempo atrás. As doenças geralmente colocam problemas sérios nas áreas imediatas aos reservatórios, mas isto acontece na sua maior parte por causa de uma desconsideração gritante da população local em relação à instrução sanitária e práticas apropriadas. Erros ambientais ou de engenharia selecionados servem para esclarecer o público leitor, inclusive estudantes, e evitar a repetição de projetos com falhas. No âmbito físico, as represas hidroelétricas tendem a ser superadas pelo "único" e não por generalidades e daí que a identificação de problemas únicos atrapalha ou diminui a importância de estudos que se propõem a equilibrar e que esperam esclarecer. A consciência ambiental recente entre geógrafos contribui para formação de uma literatura bastante substantiva em relação a represas hidroelétricas (Chorley, 1969)¹. Petts, por exemplo (1984: 13), colocou sua opinião sobre as represas: "muitas das mudanças experimentadas por rios represados são causadas não diretamente pela represa em si mas pelo desenvolvimento agrícola e urbano/industrial, estimulado pela provisão confiável de uma fonte hídrica ou energética ou pelo controle das inundações".

As pessoas que estão buscando seus próprios interesses aumentam os problemas associados com as represas porque estas proporcionam as oportunidades, que estavam faltando para seus desejos. As represas podem ter uma série de conseqüências ambientais, porém Goudie (1982: 143) nota que, "apesar disso tudo, muitas represas conseguem seus objetivos de regular o fluxo do rio e elas têm sido altamente bem sucedidas em conseguir aquilo para o qual elas foram construídas: a dependência de milhões de pessoas para sobreviver, experimentar bem-estar e conseguir empregos".

Tanto Petts como Goudie exploram as conseqüências físicas das represas em seu contexto geomorfológico e, portanto, dão uma perspectiva de grande abrangência (Goudie, 1982: 144-145; Petts, 1984: 12-13). Para o impacto humano, Pryde (1982: 92-94) elabora um sumário sucinto

¹ O armazenamento de água para irrigação e para o consumo urbano levou à construção de mais represas do que para fortes energias.

com uma perspectiva equilibrada. Alguns dos problemas associados com represas hidroelétricas e conseqüentes represamento de rios são:

- a — área do reservatório (que inclui o canal central e a área de inundação), que pode variar de 10 a 45% da área inundada;
- b — alterações no transporte de sedimentos, causando significativas mudanças na geomorfologia fluvial;
- c — mudanças relacionadas com o reservatório, mudanças no lençol de água, mudanças limnológicas e modificações costeiras;
- d — possíveis falhas em represas; tremores de terra localizados;
- e — a inundação pode se estender a sítios culturais, cemitérios contemporâneos ou sítios arqueológicos; e
- f — flora e fauna, vetores que sofrem bastante as conseqüências da construção de represas.

Em termos de especificação regional, *The Bad Earth* (Smill, 1984) cobre uma grande parte no aspecto ambiental e ilustra construtivos discernimentos baseados numa visão de sistemas.

Geógrafos soviéticos voltaram sua atenção para esse assunto por razões práticas e partilham suas avaliações com a comunidade científica. Na terminologia soviética, as represas são complexos *geo-engineering* e ficam dentro do território interdisciplinar (Retyum, Yakanov & Kunitsyn, 1973: 106-109). A crescente interação homem/natureza está alterando radicalmente a escalada das mudanças, daí estarmos atualmente confrontados com uma necessidade aguda de otimização dos processos de interação entre as estruturas de engenharia e o ambiente (*ibid*: 116). O que chama a atenção nessa conexão é que o enfoque de sistemas é empregado corriqueiramente. As tecnologias extrativas são tratadas como perturbantes ambientalmente. Os soviéticos podem não ter composto baladas ecológicas (Boulding, 1956, 1972), porém o ambiente estava conseguindo uma atenção especial para controlar problemas sérios. Preocupações com o ambiente apa-

receram em conexão com os planos para o projeto hidroelétrico do baixo Ob (Vendrov, 1965: 5). As mudanças antecipadas nos padrões da velocidade dos ventos foram estudadas para prever ação de ondas nas áreas costeiras dos lagos, como pode ser visto em exemplos referentes ao mar de Aral, onde o seu corpo de água pode se expandir em superfície, quase 17% a mais que o normal, em função deste fenômeno (*ibid*: 7).

Os geógrafos soviéticos comunicaram suas descobertas sobre as relações entre ambiente e os complexos de geoengenharia, de forma factual. Com as condições de mudanças na União Soviética, os estudos anteriores podem ser reavaliados e, se confirmados em grande parte, as implicações para Geografia soviética seriam, de fato, muito favoráveis. A difusão da consciência ambiental tem diferença em seus níveis, mas o seu efeito final parece encorajador, em conjunção com o estudo das represas hidroelétricas.

Estudo de Casos — A Antítese da Construção de Modelos

O enfoque de estudo de casos gozou de bastante prestígio entre os geógrafos ao longo dos anos. Ele se presta à análise do problema mas os seus usos são limitados pelo problema do "único". Muito freqüentemente, os estudos de causa e efeito se tornaram a "razão de ser" do esforço. O assunto da energia hidroelétrica foi, de um modo geral, relegado a dados de produção à medida que esses eram colocados no contexto de uma Geografia Econômica mais geral. Nos textos de Geografia Econômica, o assunto foi significativamente limitado no que é conspícuo, em Berry *et alii* (1987), Hartshorne & Alexander (1988) e Getis *et alii* (1988). Estudos de caso específico muito freqüentemente estão baseados em modos de relatórios, seja examinando projetos específicos (Patton, 1964; Ringwald, 1963; Stanb, 1949), ou levantando questões de conseqüências sociais como nos trabalhos de Augel (1979), Hilton (1967, 1970) ou Lightfoot (1978, 1979). Nesse enfoque, o equilíbrio se perde e o partidário se transforma em um fim em si mesmo.

Na maior parte dos casos, possivelmente, os resultados não são intencionais. Outro caso que se pode apontar é a análise da represa de El Cajon em Honduras (Zurcher & Brugger, 1984), onde os autores ilustram todas as falhas da sociedade e nenhuma falha de represa. No entanto, a represa serviu como foco de críticas articuladas que incluíram:

- a — as sociedades deixam de mudar a um ritmo comparável com a qual a mudança foi introduzida;
- b — El Cajon traz benefícios ao setor urbano, mas cria dificuldades para o rural; e
- c — a participação geral do público é reduzida por causa do vazamento dos grandes projetos.

Isso, na verdade, desemboca na questão de que quando as sociedades optam pelas mudanças, a represa se torna um símbolo da transição social (o limiar da mudança). Em contraste com o exposto acima, o estudo de Marts & Sewell (1960: 42-43,50) oferece a abertura necessária, para considerar alternativas. O foco de sua análise se situa em torno da questão de como criar compatibilidade entre recursos de potencial hídrico e produção pesqueira.

ENERGIA HIDROELÉTRICA COMO UM SISTEMA EM UM CONTEXTO ESPACIAL²

A energia hidroelétrica é um produto de criações, de ordem espacial, científica e tecnológica e dos processos de tomada de decisões políticas. É um sistema fisicamente grande, revelando sua dependência espacial bem como a posição dos consumidores. Assim, seus atributos geográficos são bem

distribuídos. Considerando os padrões contemporâneos, ela foi superada por muitos sistemas técnicos, em complexidade, mas em alcance. A complexidade no setor técnico se estende à infra-estrutura civil, à infra-estrutura mecânica e ao sistema de transmissão. Como sistema, ele está construído sobre as mais tradicionais estruturas geográficas de análise — a região — especialmente a bacia hidroelétrica. Isso imediatamente coloca as variáveis ambientais na rede analítica. A hidroeletricidade cria sua ordem espacial autônoma como consequência de suas atividades técnicas. Na trajetória de seus crescimentos em volume da geração de energia, os projetos aumentaram em tamanho e, como consequência, o seu papel em política de energia se tornou mais ubíquo em muitas partes do mundo. É como um sistema que tem que ser considerado e não como um fragmento, para se compreender o seu funcionamento. Como sistema, pode ser subdividido em sub-sistemas para propósitos de análise e explicação. Estes são:

- a — o componente físico-ambiental;
- b — a infra-estrutura técnico-mecânica; e
- c — o sistema da geração-transmissão e o setor consumidor.

Os itens a e c parecem ser vetores geográficos óbvios. O técnico não é menos, na medida em que ele depende de localização, grau de declividade do rio, altura da queda-d'água e o seu fluxo médio.

Sistemas Hidroelétricos Características Técnicas

Por que os geógrafos deveriam tratar das características técnicas destes sistemas de geração de energia? Uma resposta mais direta a essa pergunta indica que uma planta de produção hidroelétrica é, por assim dizer, soldada à paisagem. O tamanho do projeto

² Nas seções procedentes foi enfatizada a pesquisa geográfica passada, que se relacionava com a energia hidroelétrica. No que se segue, coloca-se um roteiro muito geral da energia hidroelétrica na perspectiva geográfica. Teria sido bastante benéfico se os geógrafos tivessem desenvolvido grandes generalizações em relação à energia hidroelétrica. Apenas um estudo de H.O'Reilly Sternberg (1948) pode ser citado como exceção, onde ele desenvolveu a taxa de participação regional, mas isso não levou a qualquer estudo subsequente na literatura. Da mesma forma, os estudos geográficos para Noruega, Itália, Suíça e Canadá sobre energia hidroelétrica estavam orientados para energia em vez de o estarem para o sistema. Dada essa condição, algumas comparações que são desejáveis não podem ser realizadas, já que os estudos anteriores não foram localizados. O uso freqüente do Brasil como exemplo e ponto de referência é apenas indicativo do interesse específico e das atividades de uma só pessoa (eu mesmo). As generalizações e modelos indicam um viés vocacional e ambiente específico. Pode-se dizer que discussões com engenheiros hidroelétricos canadenses, suecos, noruegueses e argentinos indicam uma concordância bastante tranquilizadora sobre as principais condições da energia hidroelétrica e sua infra-estrutura total. Diferenças ambientais representam características locais bem como de fluxo de energia e transmissão de potência, mas isto não afeta os atributos espaciais e globais dos sistemas hidroelétricos.

é ditado em grande parte pelo ambiente (mesmo sem restrições econômicas, havia limites às dimensões de um projeto). As diferenças de nível da represa definem o tipo de turbina a ser instalada. A escolha está entre quatro turbinas dominantes:

a — Um sistema abaixo da corrente normal do rio geralmente leva à instalação da *bulbar horizontal Kaplan turbine*, que gera pequena quantidade de potência em relação à quantidade de água usada. No projeto médio Paraná, Argentina, 48 unidades estão projetadas para ter um potencial final de 3 000 MW ou 62,5 MW por cada uma; na represa Chapeton, 16 000 m³/s estão registrados, donde cada turbina usaria 330 m³/s para sua plena capacidade, ou seja, uma grande quantidade de água;

b — Represas de baixa altura (30 – 50 m — Brasil) são geralmente equipadas com turbinas Kaplan, verticais, que se parecem com motores de navio; elas usam grande volume de água para uma quantidade limitada de energia gerada; na represa Jupia, rio Paraná, a unidade de 100 MW exige um nível nominal de 400 m³/s; Balbina, rio Uatumã, utiliza 276 m³/s para gerar 50 MW;

c — Represas médias a altas (50 – 200 m de altura) geralmente estão equipadas com turbinas tipo Francis que são as mais eficientes no uso da água devido à sua altura, e sua capacidade é expressa pela fórmula: $P_o = \rho Q g H$ onde P_o = potência produzida, ρ = densidade, Q = fluxo de água, g = gravidade e H = altura (a palavra *head*, utilizada no original em língua inglesa, se relaciona com a altura da queda-d'água que irá impulsionar as turbinas). Em Tucuruí, rio Tocantins, Brasil, são necessários 576 m³/s para a produção de 330 MW; já na represa de Itaipu — Brasil/Paraguai, são necessários 698 m³/s para a produção de 700 MW; e

d — A turbina Pelton é usada em represas muito altas (acima de 300 m), em rios com cursos de água de pouco volume. Em cada caso, a quantidade de água disponível para geração de potência é limitada, necessitando uma injeção de água em alta velocidade tipo jato nos compartimentos da turbina para pô-la em movimento. Chandoline, na Suíça, com uma altura de 1 800 m, produz 190 MW a uma corrente de apenas 20 m³/s. O aspecto técnico assume uma al-

ta significância por causa das necessidades variadas de água exigida pelo equipamento instalado que é ligado às condições locais e das diferentes quantidades de energia produzida.

Outro importante aspecto dos sistemas hidroelétricos é o sistema de transmissão e suas múltiplas subestações para transformação da energia. A tecnologia de engenharia disponível permite que a eletricidade seja enviada a grandes distâncias com perda nominal de 2% ou menos. Estes são os sistemas de transmissão de alta voltagem (500 a 700 kV); linhas de 1 000 kV estão sendo estudadas para represas maiores. Tucuruí-Sobradinho, Brasil, que estão à distância de 1 350 km, registram perda de energia de geralmente 1,7%. A perda de 2% é considerada alta pelo engenheiro residente de Sobradinho. Com a chegada das linhas tipo DC (*direct current*), essas perdas serão ainda reduzidas. Quando se faz referência ao atrito da energia na transmissão, significa especificamente em que linha estas perdas são registradas. Como regra geral, quanto mais baixo o kV transportado e quanto maior a distância, mais energia se perde na transmissão. Isto seria especialmente o caso das linhas de 138, 69 e 13 kV à medida que os cabos de transmissão se tornam menores em diâmetro. Esse fato torna a eletrificação rural uma operação muito cara. Falando de custos, linhas de transmissão de 500 kV do início da década de 80 no Brasil foram projetadas para custarem cerca de US\$ 180.000/km ou uma linha de 800 MW para Sobradinho a partir de Tucuruí ficou em aproximadamente US\$ 245.000.000 na época. Ao longo do tempo, a capacidade de transmissão terá que ser duplicada e o custo aproximado e previsível.

Energia Elétrica como um Sistema Espacial

A energia hidroelétrica é um sistema espacial conspícuo na paisagem feita pelo homem. As represas têm distribuição pontual e são estruturas conspícuas quando são de 100 MW ou maiores e as linhas de transmissão atuam como ligações unificadoras ligando as fontes de potência e os consumi-

dores sem uma ordem espacial específica. Na medida em que as represas de 100 MW ou mais dependem de reservatórios para um suprimento de água controlado, não são apenas os sítios das represas que precisam ser considerados, como também a infraestrutura auxiliar, os reservatórios e as linhas de transmissão. Cada represa, portanto, projeta seu sistema espacial por meio de engenheiros, para satisfazer as necessidades funcionais de energia criadas por uma sociedade em notação. Com o número crescente de represas hidroelétricas e a difusão das linhas de transmissão por todas as partes, um sistema de energia específico imprime suas características na estrutura do povoamento.

As represas ocupam áreas que podem somar vários km² quando elas são de grande porte, com produção de 1 000 MW ou mais. Os reservatórios que são adaptados para satisfazer as necessidades de água dos geradores de potência tendem a ser grandes em extensão e maciços em volume. A situação das cabeceiras do rio e o modo de aprisionamento das águas nestas primeiras represas são dados muito importantes para o desenvolvimento dos projetos. Estes reservatórios se transformam na estrutura de controle e no regulador das represas rio a baixo. Essa primeira represa como uma prática padrão tem uma área principal de reservatório bastante grande em volume. À medida que mais represas são construídas rio a baixo, os reservatórios tendem a ser mantidos em proporção ao primeiro. Um exemplo útil para compreensão do assunto está expresso nas represas de Furnas, Rio Grande e Itaipu, rio Paraná, Brasil (ver Tabela 6).

Estas datas ilustram as estratégias de planejamentos na regularização do fluxo dos rios para projetos de potência hidroelétrica. Uma planta de 1 216 MW tem uma fonte de água de 16 km³; uma de 3 200 MW, 12,9 km³ enquanto que o reservatório de Itaipu tem 19 km³ de reserva útil de água. O primeiro reservatório de Furnas influencia os tamanhos dos demais reservatórios rio a baixo. O planejamento, de armazenagem de água para represas hidroelétricas é guiado pela área do divisor de água e o regime de precipitação na bacia superior do rio. A sazonalidade das taxas de fluxo de água e a frequência de renovação do volume útil por ano indicam um relacionamento próximo entre a gerência de águas e as estratégias de geração de potência por parte dos projetistas. No tamanho do reservatório, estão incluídas considerações sobre o regime de precipitação regional e as taxas registradas de renovação anual do volume de água (são usadas normalmente estimativas mais baixas que o real). Os métodos de conservação são usados para assegurar um suprimento de energia elétrica confiável.

Os sistemas de transmissão formam ligações ativas entre represas e consumidores de energia. Eletricidade não permite escolha em meio de transporte porque agora ela é dependente das linhas de transmissão. A rede de potência atende a uma coleção heterogênea de clientes, desde indústrias pesadas até domicílios com fiação inadequada. O tamanho da rede de potência e a capacidade de transmissão variam com o tamanho da fonte de potência e com as necessidades dos centros consumidores. Uma hierarquia de linhas (kV lines), variando de 13 kV ou menos a 750 kV, reflete volume e demanda

TABLE 6
COMPARISON OF RESERVOIR CHARACTERISTICS

DAM NOME	INSTALLED POWER (MW)	TOTAL RESERVOIR VOLUME (km ³)	USEFUL VOLUME (km ³)	RESERVOIR AREA (km ²)
Furnas.....	1,216	22.9	16.1	1450
Itaipu	12,600	29.0	19.0	1460
Água Vermelha.....	1,380	11.0	6.1	650
Ilha Solteira.....	3,200	21.2	12.9	1231

específica de energia. A energia de Itaipu pode ser aplicada com a ajuda de um transformador, igualmente, para um alto forno siderúrgico em Belo Horizonte, cerca de 1 000 km distante dela, bem como para um relógio de parede em Foz de Iguaçu, onde está localizada a represa. Os transformadores transformam a energia produzida para "cima", para "viajar", como para "baixo", para consumo. As kV lines mais usadas são de 13,69 e 138 kV para curtas distâncias e distribuições; 230 kV e 345 kV, para distâncias intermediárias e 440, 500 e 750 kV, para longas distâncias. Estes valores são usados no sistema brasileiro. Os valores usados em outras partes do mundo variam ligeiramente, refletindo variações na fonte da potência e nas distâncias de transferência a serem superadas. Além da conservação de energia, à medida que aumentamos valores em kV nos sistemas de transmissão à longa distância, o custo por kw-h transmitido declina rapidamente. Uma linha de 400 kV transporta uma carga de três linhas de 274 kV ou 18 linhas de 132 kV. As represas são a peça central no esquema hidroelétrico. A permanência produtiva das represas varia com o contexto ambiental. Represas assim como quedas-d'água e lagos são traços temporários nas paisagens. Da mesma forma, elas mudam a ordem espacial no reino físico do regime fluvial e contribuem para mudar a estrutura do povoamento humano. Potencialmente estas represas permitem o controle do fluxo do rio, o controle de inundações, da navegação e a geração de potência.³ As represas não são apenas fontes de energia mas facilitam a gerência da ordem espacial, de acordo com as necessidades sócio-econômicas prevalentes de energia, em sistemas específicos para cada país.

Ambiente e a Potência Hidroelétrica

Represas e seus tamanhos podem ser considerados como espelho do ambiente fi-

sico nos quais foram colocados. Em ambientes montanhosos, com vales estreitos, permite-se a construção de altas represas, instaladas em pequenas áreas mas com reservatório de alta capacidade de volume de água. Os rios em planícies levemente onduladas produzem massas de água horizontais em grandes áreas. Em planícies praticamente planas, uma represa tende a criar um reservatório raso que se estende sobre uma imensa área. Os reservatórios são, ambientalmente, os traços mais conspícuos que uma represa produzirá em sua existência. Uma alternativa aos reservatórios poderá criar problemas no suprimento de energia confiável que as sociedades que dependem de energia exigem. Existem poucos, muito poucos, sítios seletos onde as represas podem ser colocadas sem um reservatório. Uma enorme represa será construída no Brasil, no rio São Francisco, a represa de Xingu, sem reservatório principal porque ela estará situada a uma pequena distância abaixo da represa de Paulo Afonso. Este é um projeto excepcional, pois não há necessidade de área para reservatório uma vez que é um projeto de curso normal de rio, mas pode-se ter certeza, mesmo para este projeto, que serão levantadas uma série de objeções.

Que se construam represas de 28 MW ou complexos de 18 000 MW; cada um destes produzirá alterações no ambiente. Estas conseqüências são muito freqüentemente agravadas por vetores que não têm qualquer ligação direta com o projeto. As represas hidroelétricas estão identificadas com uma considerável lista de deformações ambientais que acompanham a sua formação e as mais comuns são:

- a — sedimentação no canal principal do rio;
- b — assoreamento no reservatório;
- c — perda de terras agrícolas produtoras;
- d — probabilidade de formação de meandros a jusante da represa;

³ As represas como parte da geração de potência facilitam a regularização do fluxo do rio. Ainda assim, existem conflitos inerentes aos usos de água, se a soma dos outros usos combinados excede aquela do setor de energia que foi a razão de ser do projeto. A estação, o tamanho dos sistemas de suprimentos de água municipais, a freqüência do uso das comportas e a demanda de irrigação têm que ser considerados comparativamente em relação ao valor produzido pelos usos específicos da água. Se as funções auxiliares forem consideradas em razão do seu retorno, aos custos do projeto, suas existências assumem um caráter bastante diferente. Em Sobradinho, a passagem através da comporta é grátis. Seja o barco pequeno ou grande, a quantidade de água necessária para levantar ou baixar a embarcação para as câmaras da comporta é basicamente idêntica. Existem, além disso, as considerações econômicas e as demandas sociais com suas implicações políticas. Isso pode ser visto como a encruzilhada sócio-econômica de racionalidade econômica e regionalismo populista.

e — modificações na taxa de erosão a montante da represa;

f — mudanças no lençol de água;

g — encharcamento do solo e formação de pântanos;

h — empobrecimento da qualidade da água abaixo da estação geradora;

i — remoção ou afogamento da vegetação;

j — formação de colônias de "água-pés" em represa tropicais aceleradas pela liberação de nutrientes produzidos pela vegetação que apodrece;

k — excessiva formação de sulfeto de hidrogênio, em áreas tropicais quando a vegetação não é retirada antes da inundação;

l — perturbações nas migrações dos peixes;

m — o reservatório se transforma numa fonte de geração de vetores de doenças contagiosas; e

n — perda de paisagens espetaculares, com a construção do reservatório.

Esta lista deixa de incluir a cobertura de depósitos minerais, sítios arqueológicos, cemitérios contemporâneos, cidades e estradas. Ainda que todos esses problemas prejudiquem o ambiente na área da represa, qual é a sua duração durante o ciclo operacional da represa? Graves mudanças ocorrem nas áreas mais isoladas do reservatório onde a circulação da água é virtualmente zero e a renovação da água parada vai de vagarosa a muito vagarosa. Isso leva a uma questão significativa: qual é o tempo necessário para renovar o conteúdo de água do reservatório? Ele é representado quantitativamente pela fórmula $Fr = Ysf/Vr$, onde Fr é a frequência da renovação do reservatório em 365 dias, Y é o ano em segundos, sf é o fluxo médio por segundo e Vr é o volume do reservatório. No caso da represa de Tucuruí, o tempo de renovação é de cerca de 48 dias ou 7,9 reenchimentos por ano. Isso varia com o tamanho do reservatório, e o volume do fluxo é importante

especialmente nas regiões onde a renovação de água para um grande volume pode ser freqüente e, portanto, melhorar a quantidade geral da água.

Um rápido resumo das críticas que podem ser levantadas contra as represas num contexto ambiental muito provavelmente focalizaria aspectos geomorfológicos. Isso acontece porque, à medida que o rio perde velocidade ao entrar no reservatório, seu padrão de sedimentação é tão notadamente alterado, que em muitos casos produz um padrão de delta, rio acima, onde não existia. Outra mudança se dá na limnologia do rio e do reservatório que pode adquirir característica desconhecida. Outras mudanças concomitantes são o impacto, também desconhecido, sobre a fauna ictiológica, sobre o lençol de água circulante e o impacto na flora local. Essas são algumas mudanças mais óbvias que chamam a atenção. Mesmo que as represas causem um mínimo de modificações ambientais, sua circulação a longo prazo deveria ser ambientalmente compatível com as necessidades sócio-econômicas identificadas.

Grandes Projetos e a Política Nacional de Energia

A hidroeletricidade já entrou no seu segundo século mas é uma fonte de energia predominante em apenas alguns países. A matriz energética mudou consideravelmente à medida que o consumo de energia *per capita* aumentou. A matriz de energia é o composto de toda a energia inanimada produzida num país. Com a necessidade crescente por energia, os projetos hidroelétricos cresceram nas Américas (ITAIPIU — 12 600 MW; GRAND COULEE — 10 800 MW; GURI — 10 300 MW; TUCURUÍ — 7 300 MW). A próxima geração de projetos inclui os de Lower Tunguska, 20 000 MW, e Volta Grande, 18 000 MW. Grandes represas se ajustam às políticas nacionais de energia, uma vez que existam os sistemas de transmissão de alta voltagem. Planejadores de energia apreciam as grandes represas porque elas resolvem problemas de estrangulamento de energia por algum tempo e isso satisfaz às necessida-

des domésticas de energia, conservando os recursos de combustíveis fósseis. Uma represa de 2 000 MW operando a 50% de sua capacidade instalada produz equivalência energética de 50 000 barris de petróleo por dia. Os responsáveis por políticas nacionais de energia em qualquer local normalmente fazem seus cálculos para identificar a viabilidade econômica dos grandes projetos de geração hidroelétrica.

Os projetos cresceram em magnitude especialmente depois da Segunda Guerra Mundial. A represa Hoover, foi a primeira a ultrapassar o limite de 1 000 MW na década de 30. As mudanças tecnológicas ampliaram continuamente o alcance da potência hidroelétrica com equipamentos mais desenvolvidos e kV mais alto, para a transmissão a distâncias maiores, com perdas mínimas de energia. Os grandes projetos também contribuíram para a gradual eliminação da demanda reprimida e as mudanças nos padrões de vida. No caso do Brasil, é a geladeira e a televisão que são os indicadores deste processo; em Manaus, o consumo de energia não mostra virtualmente qualquer oscilação diurna por causa do uso difundido do ar condicionado. Outra forma de medir a mudança social como consequência de um sistema de fornecimento de energia melhorado é a formação de pequenas indústrias nacionais. Isso vai atrair a atenção porque envolve processo de produção. É nesta hora que os geógrafos podem encontrar muito trabalho que precisa ser feito, na medida em que eles focalizam a função da demanda reprimida e da competição de preços interfontes de energia. A hidroeletricidade provou consistentemente ser a fonte de energia mais eficiente em termos de custos e, se disponível em quantidade suficiente, atrai usuários adicionais. Uma demanda ampliada de energia eleva a construção de estações geradoras, porém muito menos hidroelétricas, em muitos países. Com as mais altas taxas de energia termoeletrica, os consumidores, no Estado de New York, no final da década de 80, procuravam se conectar à energia hidroelétrica para se beneficiar das taxas muito mais baixas. Os diferenciais de custos persistem entre as diferentes fontes de energia usadas como mostra a Figura 2.

SISTEMAS DE POTÊNCIA HIDROELÉTRICA EM CONTEXTOS GEOGRÁFICOS

A geração hidroelétrica inicialmente atraiu o interesse de pesquisa dos geógrafos, para a fase de produção dessa fonte de energia. A Geografia Física foi sempre totalmente considerada até que esse aspecto fosse substituído por preocupações ambientais em épocas mais recentes. Os geógrafos em seus trabalhos, raramente, se é que alguma vez, se preocupavam com a presença geográfica ambiental do sistema hidroelétrico. Isto é ainda mais surpreendente porque o sistema hidroelétrico é tão geográfico em sua natureza. Da mesma forma que o sistema pode compreender três partes principais, a represa, o reservatório e a linha de transmissão, ele também pode ser dividido nas três partes de um modelo:

- a — o componente físico — a bacia hidroelétrica em sua totalidade;
- b — infra-estrutura técnica tal como é ajustada ao sítio e à região; e
- c — a estrutura social — o universo sócio-econômico, consumidor de energia.

Os Componentes Mecânicos Ajustados ao Ambiente

Cada sítio de uma represa é único em todos os sentidos da palavra. As represas de 50 MW ou mais exigem infra-estrutura ajustada ao sítio civil e eletromecânico. A infra-estrutura civil compreende a estrutura da represa em si (combinação solos/rochas, nas alas laterais), o bloco central de concreto reforçado que abriga o equipamento eletromecânico e a zona de transbordamento. Os transbordamentos são posicionados de tal forma a minimizar interferências com as águas que saem da casa de força, após movimentar os dínamos. Assim, a casa de força e o sangradouro podem estar situados a consideráveis distâncias como podem ser observados em Emborcação, Paredon, Curuá-Una ou Furnas; mesmo em Itaipu, existe uma grande separação entre esses

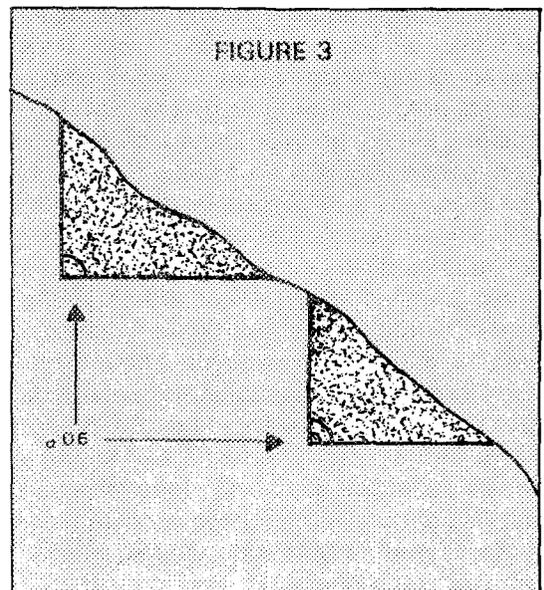
dois componentes da represa. Em Tucuruí e Ilha Solteira, as duas funções são separadas por um bloco divisor. O aspecto funcional do sangradouro é servir como controle do fluxo do rio. Na maior parte das vezes, ele controla o fluxo durante a fase mais chuvosa do regime fluvial. Uma outra função é liberar o excesso de água que se acumula durante a fase de instalação da turbina. Em Itaipu, estarão funcionando 200 turbinas, porém cada uma gasta no mínimo quatro meses para ser instalada ou pelo menos cinco anos para a instalação de todas as unidades. Durante este tempo, especialmente quando apenas uma ou duas turbinas estão prontas para a geração, o excesso de água é liberado por sangradouros, daí existir a necessidade de o regime do rio ser efetivamente controlado. Tucuruí no momento, sem considerar o fluxo real e as necessidades de potência, libera pelo menos 2 000 m³/s para conservação da fauna ictiológica, rio a baixo.

Estruturadamente os sangradouros diferem na medida em que há comportas nos rios para liberar a água. Existem comportas acima do nível do rio e existe o sangradouro superior. Os dois primeiros podem ser incorporados em uma mesma represa, como é o caso de Sobradinho no rio São Francisco, Brasil. O terceiro é encontrado mais freqüentemente em represas altas, particularmente em terrenos montanhosos, como por exemplo na Suíça, Itália ou União Soviética. Numa represa recentemente construída, onde uma ou duas turbinas estão girando enquanto outras 20 precisam ser instaladas, o sangradouro, durante o pico do ciclo fluvial, parece uma cachoeira. Este, é importante instrumento de controle ambiental por causa da sua função de regular o nível do rio. Comportas de controle adjacentes são alteradas de tal forma que uma delas libera por exemplo 100 m³/s enquanto que a unidade adjacente derrama 200 m³/s. Assim, a pressão da área é dividida e minimiza a pressão contra o bloco do sangradouro.

A altura da represa torna-se um compromisso entre o fluxo, o ambiente, a estrutura viável e as necessidades sócio-econômicas. Isso define o tamanho da casa de força e do equipamento eletromecânico a ser instala-

do. A crista da represa é o ângulo de 90° num triângulo retângulo enquanto que o leito do rio é a hipotenusa. Isto produz uma acumulação controlada de água para pressionar a turbina e girá-la a partir da entrada de água e através do seu interior, em espiral. É esta pressão artificial o objetivo dos projetos. A quantidade de concreto reforçado necessário é de aproximadamente 1 m³/kW a ser instalado, ou seja, uma represa de 1 000 MW exige geralmente 1 × 10⁶ m³ desse material básico de construção. A altura da represa assim indica o tipo de turbina que será provavelmente escolhida, a inclinação da hipotenusa e o potencial de energia do sítio selecionado.

O local onde a padronização é possível abriga o sistema de transmissão e os transformadores. A quantidade de energia a ser transmitida decide o diâmetro do cabo e os tipos de torres a serem usadas. No terreno, decide-se que tipos de torres serão empregados e onde serão. No terreno montanhoso, com declives acentuados, serão usadas unidades de quatro pinos e no terreno plano, torres com *pivot* central. A padronização está confinada aos aspectos independentes da natureza, cabos de transmissão, estações de transformadores, duas ou três espécies de modelos de torres de transmissão e instrumentos de controle. As características ambientais assumem papel considerável em moldar os componentes mecânicos da potência hidroelétrica.



Hidroeletricidade na Perspectiva de Industrialização e Urbanização

A hidroeletricidade partilhou com os combustíveis fósseis em várias intensidades nos processos de industrialização e urbanização do último século. Em vários países europeus, a hidroeletricidade assumiu o papel do carvão como fonte dominante local de energia, daí a expressão “carvão branco” em países como a Itália, Noruega, França e Suíça. Depois de 1920, a União Soviética transformou a energia hidroelétrica em um dos principais componentes do seu desenvolvimento geral. Em épocas mais recentes, a energia hidroelétrica foi mais facilmente aceita entre as diversas economias do mundo porque ela é uma fonte de energia disponível domesticamente e por causa dos custos ascendentes dos combustíveis fósseis. Os países que possuem grandes reservatórios de potencial hidroelétrico têm falta de combustíveis fósseis e se voltaram para a energia elétrica, para incentivar a expansão doméstica das indústrias e facilitar o processo de urbanização. A hidroeletricidade gerada domesticamente se tornou substituto de energia, para os combustíveis fósseis importados. Concomitantemente, ela facilitou o crescimento econômico e encorajou os investimentos domésticos em expansão econômica. A hidroeletricidade em vários casos tornou-se um agente inicial de mudança como ocorreu no vale do rio São Lourenço (Canadá), para papel e alumínio e mais recentemente no baixo Tocantins (silício e alumínio), em Tucuruí e Barcarena, Pará, Brasil.

Mudanças econômicas em nossa época incluem uma sensibilidade a custos e disponibilidades de energia. Entre as atividades dependentes de energia, os projetos metalúrgicos se destacam por causa da grande quantidade de energia necessária para produzir metais de alta tecnologia. O princípio de localização “weberiano” se torna notavelmente confirmado, especialmente para alumínio, sílica, ferro gusa e cobre (Weber, 1929). Por exemplo, é apropriado citar lugares como Kiruna, Suécia, para mineração de ferro e pelotização, Narvik na Noruega, como porto de expansão desse produto. No Brasil, Barcarena, Pará, se tornou identifica-

do com Tucuruí como fonte de energia elétrica e o Porto de Trombetas como fonte de bauxita. Tucuruí é também identificação com a produção de silicone e com ferro gusa em Marabá, em futuro próximo. Na Noruega, várias represas hidroelétricas passaram a ser identificadas com a produção de água pesada (componente necessário na geração de energia nuclear bem como fator para armas nucleares). Fronteiras registram uma metamorfose acentuada em forma e função com a chegada de energia a baixo custo, ou seja, a hidroelétrica. Lugares às vezes pouco importantes se transformam com surpreendente rapidez em pólos de crescimento urbano reestruturando a vida econômica e o sistema. A energia hidroelétrica não é universal nem disponível em quantidades adequadas em muitas partes do mundo; no entanto, na maior parte das vezes, ela tem servido como forte pioneira de energia. A introdução da energia termoelétrica como suplemento da energia hidroelétrica de certa forma confirma a eficiência original da hidroeletricidade como fonte vital para promover crescimento econômico.

De Gerência Hídrica à Potência Hídrica e à Hidroeletricidade — Transições em Direção a um Modelo

Rio e riachos foram utilizados para servir sociedades e suas necessidades já há mais de 5 000 anos, notadamente no vale do Nilo e na Mesopotâmia. No começo trata-se de gerência dos recursos hídricos. A autoridade central direciona o uso das águas nas regiões áridas ou controla as enchentes temporárias em planícies de inundação densamente povoadas. Wittfogel identificou um certo número de sociedades deste tipo no seu trabalho “Civilização Hidráulica” (1956: 152-164) e explorou o tópico em mais profundidade em outro trabalho, “Despotismo Oriental” (1957). Do controle do suprimento de água para consumo humano e irrigação dos campos até a recuperação de terras, existe um tipo específico de transição. Isto é seguido pelo uso mecânico do fluxo dos rios, para processos de manu-

fatura. Esta fase de potência hídrica é estágio antecedente do que é a experiência preparatória para os sistemas hidroelétricos e que foram ajustados às paisagens domésticas do Século XX. A hidroeletricidade tornou-se um sistema a partir da convergência da ciência, da tecnologia, das necessidades econômicas para uma fonte de energia e do acesso prático às bases físicas dos recursos hídricos. Através de todo o processo, a melhoria tecnológica do sistema teve que esperar o avanço científico em várias especializações, antes que eles pudessem ser convertidos em aplicações práticas no sistema hidroelétrico. A hidroeletricidade é uma fonte de energia com raízes na inventividade e criatividade humana.

Possivelmente uma das formas mais diretas de se considerarem os sistemas hidroelétricos é através do uso de modelos. Dois modelos são apresentados para criar com macrocontexto em um nível e para dar um modelo mais detalhado no nível micro. No nível elementar, a sociedade e a base de recursos são os vetores-chave do modelo-energia num contexto social. A utilização de recursos serve como um espelho do dinamismo de uma sociedade e sua receptividade à mudança (Figura 4). Estes cinco termos resumem as ligações para adiante e para trás, no sistema.

O macromodelo (Figura 4) coloca o esquema principal e identifica os vetores mais gerais. A partir daí, pode-se passar para o modelo mais detalhado e mais abrangente para a hidroeletricidade. Tal modelo compreende três componentes distintos (Figura 5):

- a — inventário da bacia hidroelétrica;
- b — represa e reservatório; e
- c — gerência de energia.

Ao passo que cada um destes setores apresentava um detalhe diferente, a ligação entre as partes ilustra a dinâmica espacial do sistema. O segmento — Inventário da Bacia Hidroelétrica — inclui um trabalho de campo especializado numa grande variedade de tópicos que moldam a dimensão de um projeto na região como parte do sistema hidroelétrico nacional. Aqui, o enfoque é parecido com o método clássico de análise regional amplamente praticado na Europa e mais particularmente identificado com a Escola Francesa de Geografia que trabalha com um tema-chave cuidadosamente estruturado (James & Martin, 1981: 195-197). O tempo e a mão-de-obra gastos em recolhimento de dados são formidáveis; acontece especialmente isto na Região Amazônica, onde a base científica de dados tem que ser

FIGURE 4

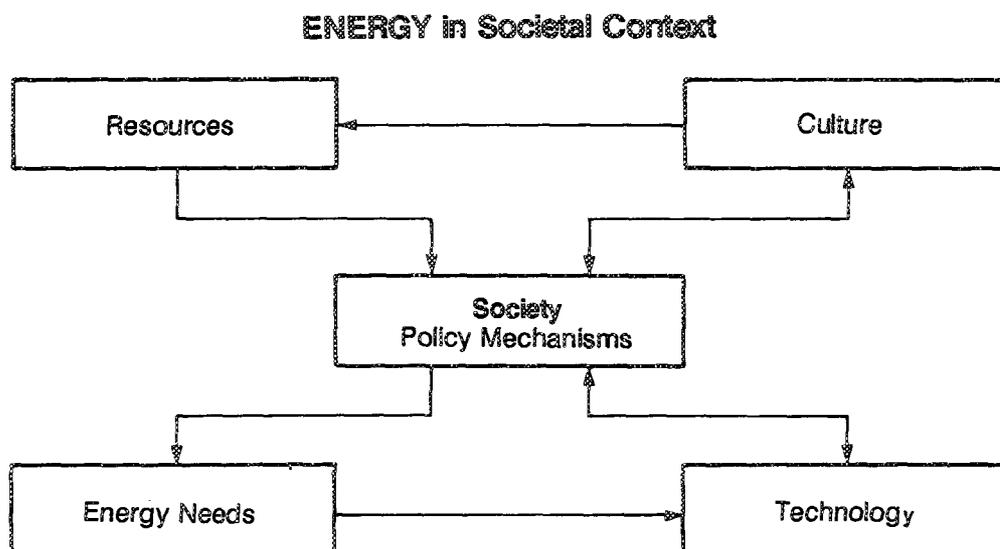
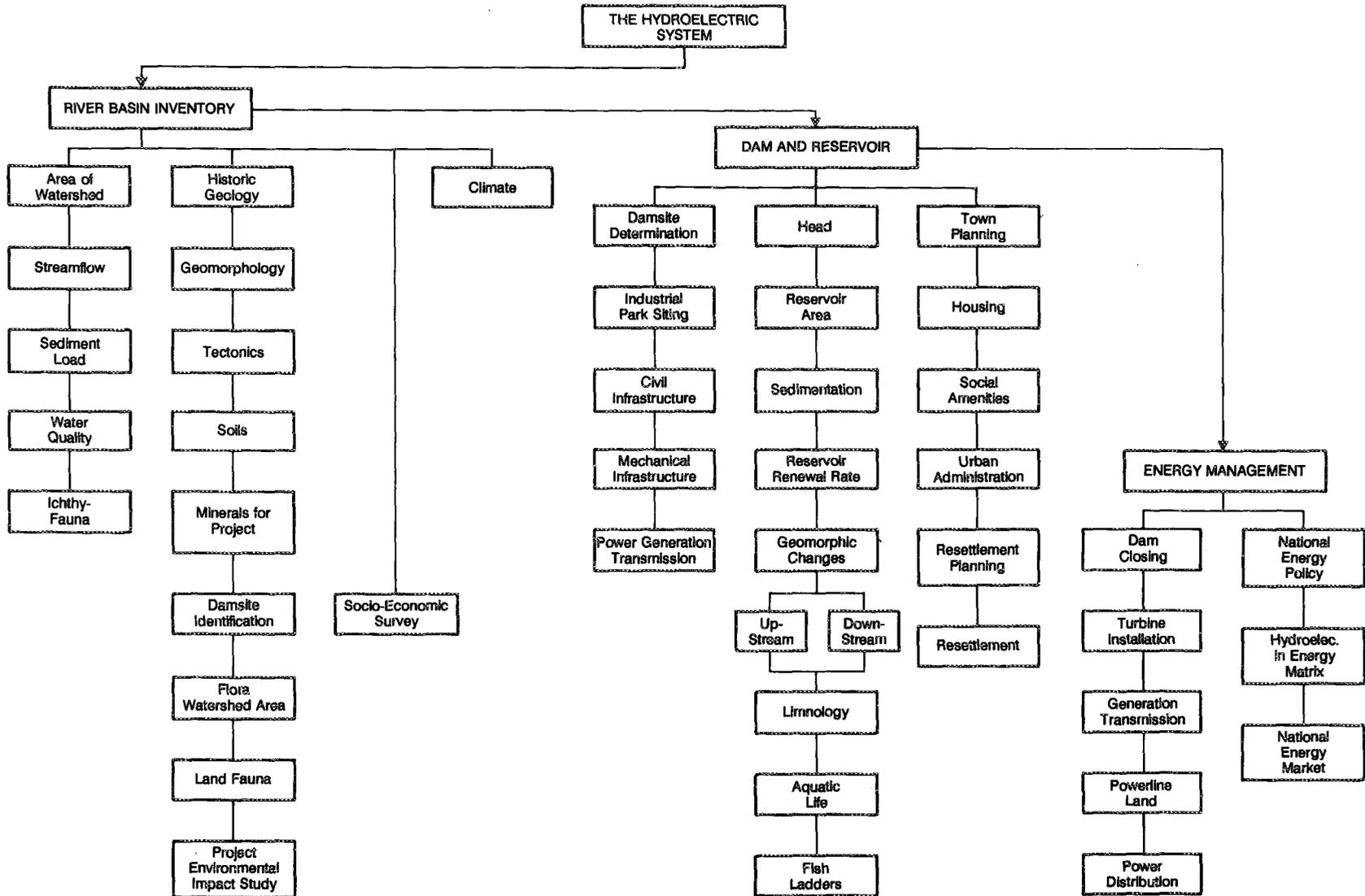


FIGURE 5



ainda iniciada, para satisfazer as exigências dos grandes projetos técnicos (veja UN, ECLA, 1962: 73-113). Um enfoque sistemático às características da região e ao potencial hidroelétrico é posterior à fundação de Brasília. Essa fase básica de estudo no Brasil leva cerca de quatro anos. Este contexto temporal é um ponto de referência em vez de um cronograma absoluto para o setor de energia hidroelétrica brasileira. A localização e escala do projeto são variáveis que podem fazer variar este ponto de referência em relação à necessidade e condições específicas. A atmosfera política e contexto econômico influenciam no quadro programático do modelo, especialmente na era dos grupos de interesse articulados e particularistas. É durante esta primeira fase do modelo, quando o projeto assume o seu contorno básico, que as decisões e projetos de engenharia podem ser influenciadas por considerações ambientais de necessidades e expectativas regionais e sociais. A primeira fase do modelo assim se torna a mais maleável, mas também é a que ajusta o projeto à região e ao sistema mais amplo. Localmente, as empresas criam mudanças geralmente pronunciadas, influenciando em interesses particulares que podem não aparecer no modelo mas sua existência será registrada em segmentos específicos do mesmo. Esta sua porção sublinha a dinâmica espacial inerente ao sistema hidroelétrico.

A represa e o reservatório abrangem a 2ª, 3ª e 4ª fases e podem durar nove anos ou mais no projeto completo. A 2ª fase resumida aqui abrange 12 a 18 meses e se dirige a estudos de viabilidade do projeto, incluindo potencial de geração de potência do ciclo e tipo e número de turbinas necessárias. Na 3ª fase, o planejamento geral do projeto e seu financiamento, dominam as atividades pelos próximos 18 a 24 meses. Apenas quando a 3ª fase fecha com o que foi projetado, pode ser começada a 4ª fase, com a construção do projeto. A escala do projeto e a medida da força de trabalho definem o cronograma para quando a primeira turbina começa a funcionar. O segundo setor do modelo, inclui não só uma quantidade de passos preliminares mas também atividades significativas, sociais e administrativas que

abrangem o contrato social daqueles que são afetados pelos projetos. Os estágios de engenharia do projeto podem encontrar atrasos inesperados mas estes tendem a ser corrigidos com presteza e competência técnica. A presença humana provoca desafios que variam na disposição local, preferência, expectativa, hábitos políticos e habilidades das partes envolvidas. O planejamento da realocação das populações é um dos vetores mais difíceis no modelo, pois envolve não apenas as necessidades contemporâneas e do futuro, daqueles cujos lares e terras se tornarão parte do reservatório, mas inclui também tangíveis suas tradições, sentimentos locais e identidades.

A formação de represas e reservatórios introduz mudanças que levam anos para serem identificadas. Tais mudanças são acompanhadas pelos profissionais contratados para avaliar as alterações fluviais, limnológicas, geomorfológicas, que ocorrem no rio e na área do reservatório. Isto aponta para as necessidades de conservação desses projetos o contexto em que eles são gerenciados. Para que o modelo seja eficiente, tem que se incluir a análise do processo, que assegura a viabilidade, a longo prazo, de represa, na matriz de energia do país.

A gerência se torna a *Raison d'Être* dos sistemas hidroelétricos. A política nacional de energia molda as seqüências nas quais os projetos são planejados e colocados em funcionamento. O tamanho do projeto, depende do volume, do fluxo e das suas flutuações. A ordem espacial de um sistema hidroelétrico é criadora do sistema de transmissão ligando fontes de potencial com consumidores dependentes de potencial. Ao se apresentar um modelo de sistemas hidroelétricos, a visão mais ampla da geração técnica de eletricidade são os métodos multifacetados necessários para colocar este sistema em produção. Não há nada de repentino ou de sutil, sobre um sistema hidroelétrico tal como o modelo o ilustra; em vez disso, ele é a realização de um planejamento de energia a longo prazo para um mercado de energia doméstica em geral, que absorve a energia adicional na medida em que ela se torna necessária no sistema.

REFLEXÕES SOBRE O RELACIONAMENTO ENTRE HIDROELETRICIDADE E GEOGRAFIA

Ao longo das décadas, os geógrafos reduziram suas pesquisas no campo da hidroeletricidade. Essa tendência é evidente nas revistas profissionais (Figura 1), bem como os textos de Geografia Econômica (Tabela 3). Porque esta retração e subsequente passividade acontece, não é óbvio, nem também não houve qualquer razão explícita ou declaração em relação a essa tendência com exceção de Murphy que reconheceu essa tendência, lamentando explicitamente (1954: 256). Praticamente não se pode argumentar que o tópico seja de importância secundária quando, em muitos países, a hidroeletricidade é responsável por mais de 50% da eletricidade consumida na matriz energética — Itália, Noruega, Suécia, Brasil, Áustria, Suíça e Colômbia — para citar apenas alguns. Nos Estados Unidos esse valor flutua entre 12 e 14%; além disso, o setor hidroelétrico americano, com capacidade instalada de 80 000 ou mais MW, é o maior em todo o mundo (Sawyer, 1986: 35). Nos anos recentes (1975-1982), produziram-se 36 estudos geográficos para energia solar, uma fonte energética que ainda tende a alcançar uma escala econômica antes que possa registrar convenientemente sua presença na matriz energética dos Estados Unidos. Se se volta à história dos textos da revista *Economic Geography*, especialmente aqueles publicados desde 1970, a atenção dos autores para o assunto precisa realmente ser mais bem explorada e analisada. A hidroeletricidade não tem uma rede de comércio internacional muito ampla e não é comercializada nos mercados mundiais de *comodities*. Além disso, raramente altera as relações políticas internacionais como petróleo, gás ou carvão. Pode-se falar da ausência de uma mística internacional para a hidroeletricidade, mas ela é uma realidade geográfica espacialmente multifacetada.

A pesquisa envolvendo hidroeletricidade atraiu poucos geógrafos, e os que estudaram o assunto examinaram e relataram a ge-

ração, distribuição e custo. O enfoque dos sistemas não encontrou qualquer advogado. Os geógrafos soviéticos enfocaram o assunto com uma perspectiva holística, falando de complexos de geoenharia e demarcando uma trilha para enfoques e análises interdisciplinares. Em alguns textos sobre energia renovável, a hidroeletricidade é considerada (Pryde, 1983; Sawyer, 1986 e Cuff & Young, 1980). O que está faltando é uma análise comparativa dos setores energéticos a partir de várias perspectivas, tais como, por exemplo:

- a — energia direta economizada na questão de eletricidade hídrica *versus* térmica;
- b — potencial do controle de poluição;
- c — fonte de energia doméstica em vez de energia importada;
- d — conservação de recursos domésticos de combustíveis fósseis e biomassa;
- e — necessidade de transporte reduzido para energia com o uso crescente da hidroeletricidade; e
- f — ciclo produtivo das plantas hidroelétricas em comparação com os equipamentos para potência térmica.

Essas são variáveis tangíveis e de alta importância que devem ser examinadas no contexto econômico-espacial das matrizes energéticas nacionais de países selecionados.

Os melhoramentos na tecnologia hidroelétrica, no uso das águas, nas turbinas na maior produção por metro cúbico usado e maiores reduções nas perdas de energia na transmissão, especialmente nos seguimentos de transmissão de tensão mais baixa, juntamente com melhores usos de energia em motores elétricos e equipamentos e conservação, são de importância fundamental para o setor hidroelétrico. Além disso, os reservatórios em geral são dependentes do ambiente e, portanto, a conservação ambiental é uma necessidade inerente para sua produtividade de longo prazo. A longevidade das represas, depende de bons vizinhos, portanto, as críticas contra esta fonte de energia são baseadas em experiências muito localizadas em vez dos benefícios a longo prazo para toda a sociedade. A hi-

droeletricidade oferece vastas oportunidades de pesquisa para geógrafos. Além dos estudos sobre a geração e distribuição em hidroeletricidade, geógrafos devem examinar a relação entre a hidroeletricidade disponível e as mudanças potenciais na localização das atividades industriais. Qual é o efeito de energia elétrica abundante sobre as atividades manufatureiras? Como é que o processo de urbanização e a energia hidroelétrica em disponibilidade se integram? As mudanças no ambiente provocadas pela formação de reservatórios deveriam ser estudadas na sua complexidade abrangente. A análise comparativa da geração de ener-

gia, a partir de qualidades fixas e da poluição emitida pelos sistemas de energia por combustíveis fósseis, em relação à produção de energia comparável, a partir dos sistemas hídricos, deve ser feita para demonstrar a diferença no impacto ambiental de cada fonte de energia usada. Os geógrafos poderiam descobrir que o enfoque de sistema para estudo de energia hidroelétrica é o mais atraente por causa da abrangência. A hidroeletricidade ainda estará disponível muito depois que o petróleo e o carvão tenham se tornado apenas produtos exibidos em museus de história natural e/ou tecnologia.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, J. W. *Economic Geography*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1963.
- AUGEL, J. "Der Stausee von Sobradinho/Bahia (Brasilien) Wirtschaftliche and Soziale Implikationen Eines Entwicklungs Projekts". *Petermann's Geographische Mitteilungen*, CXXIII 2, 1979, 109-17.
- AVAKYAN, A. B. "Some Problems in the Creation of Reservoirs in the U.S.S.R." *Soviet Geography*, XIV, 2, 1973, 117-24.
- BARR, B. M.; BATER, J. H. "The Electricity Industry of Central Siberia". *Economic Geography*, XLV, 4, 1969, 349-69.
- BENGTSON, N. A.; VAN ROYEN, W. *Fundamentals of Economic Geography*. Revised Ed. New York, Prentice Hall, 1942 (1947 printing).
- BERRY, B. J. L.; CONKLING, E. C.; RAY, D. M. *Economic Geography: Resource Use, Locational Choices and Regional Specializations in the Global Economy*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1987.
- BEY, H. S. "The Qattara Power Scheme". *The Geographical Review*, XLX, 1929, 280-82.
- BLAIKIE, P. *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. London, Longman, 1985.
- BLANCHARD, R. "Geographical Conditions of Water Power Development." *The Geographical Review*, XII, 1, 1922, 88-100.
- BLANCHARD, W. O. "Whaite Coal in Italian Industry". *The Geographical Review*, XVIII, 2, 1928, 261-73.
- _____. "An Energy Map of the United States". *The Journal of Geography*, XXII, 4, 1923, 274-78.
- BLUE, J. L. *Geographic Perspectives on Energy: A bibliography*. Atlanta, Georgia State University, 1982.
- BOESCH, H. *A Geography of World Economy*. New York, van Nostrand, 1964.
- _____. "Hinweise anf Japanische Energiefragen". *Geographica, Helvetica*, XXXII, 2, 1977, 111-14.
- BOTTS, A. K. "Water Power Development on the Deerfield River". *Economic Geography*, XI, 2, 1935, 148-58.
- _____. "Distribution of Deerfield River Power". *Economic Geography*, XI, 3, 1935, 293-303.
- BOULDING, K. E. "A Ballad of Ecological Awareness". *The Careless Technology*, M. Taghi Farvar and John Milton, (Garden City, New York, Natural History P. 1972), 3; 157; 371; 669; 793; 955. See also Thomas, Jr., *Man's Role...*, 1956.
- BUVINGER, B. J. "Geography, Environmental Analysis and Route Selection of Extra High Voltage Transmission Lines". *The Geographical Review*, LXVIII, 2, 1978, 215-22.
- BUCHANAN, R. O. "Hydroelectric Power Development in New Zealand". *Geographical Journal*, LXXV, 1930, 444-61.
- CARSON, R. *Silent Spring*. Boston, Houghton Mifflin, 1962.

- CHAPMAN, J. D. "A Geography of Energy: An Emerging Field of Study". *Canadian Geographer*, v. 1, 1961, 10-15.
- CHERNENKO, I. M. "The Aral Sea Problem and Its Solution". *Soviet Geography*, IX, 6, 1968, 489-92.
- CHORLEY, R. J. *Water, Earth & Man. A Synthesis of Hydrology, Geomorphology and Socio-Economic Geography*. London, Methuen, 1969.
- CHURCH, M. *The Spatial Organization of Electric Power Territories in Massachusetts*. Chicago, Dept. of Geography, 1960, Research Paper 69.
- CONKLING, E. C.; YEATES, M. *Man's Economic Environment*. New York, McGraw Hill, 1976.
- COOK, E. *Man, Energy, Society*. San Francisco, Freeman, 1976.
- COOPER, C. E. "The Electrical Conquest of Our Western Mountains". *The Journal of Geography*, XXII, 2, 1923, 148-53.
- CUFF, D. J.; YOUNG, W. J. *The United States Energy Atlas*. New York, The Free Press, 1980.
- DOBBY, E. H. G. "Water Power and Economy of La Riba, Spain; An Outlier of Catalan Industry". *Economic Geography*, XIII, 4, 1937, 413-28.
- ESTALL, R. C. "The Problem of Power in the United Kingdom". *Economic Geography*, XXXIV, 1, 1934, 80-9.
- EYRE, J. D. "Development Trends in the Japanese Electricity Power Industry, 1963-68". *The Professional Geographer*, XXII, 1, 1970, 26-30.
- FELS, E. *Der Wirtschaftende Mensch Als Gestalter der Erde*. Erde und Weltwirtschaft — Bd. 5, Stuttgart, Franckhsche, 1954.
- _____. "Die Stauanlagen und die Geographie". *Geographica Helvetica*, 1965, 208-18.
- _____. "Das World Register of Dams". *Die Erde*, XCVIII, 4, 1967, 301-18.
- _____. "Fortschritte der Stausee-Kunde". *Die Erde*, CV, 3-4, 1974, 299-305.
- FOUST, J. B.; SOUZA, A. R. de. *The Economic Landscape: A Theoretical Introduction*. Columbus, Merrill, 1978.
- GERASINOV, I. P. "Basic Problems of the Transformation of Nature in Central Asia". *Soviet Geography*, IX, 6, 1968, 444-58.
- GETIS, A. et alii. *Introduction to Geography*. 2nd ed., Dubuque, Brow, 1988.
- GOUDIE, A. *The Human Impact: Man's Role in Environmental Change*. Cambridge, MITP, 1982.
- GRAY, A. "Land Use Aspects of Reservoir Problems". *Economic Geography*, XV, 2, 1939, 238-42.
- GREEN, M. B.; MICHELSON, R. L. "Spatial Perspectives of the Flows Through the Southeast Electrical Transmission Network." *The Professional Geographer*, XXXIII, 1, 1981, 83-94.
- GREGOR, H. F. *Environment and Economic Life: An Economic and Social Geography*. New York, van Nostrand, 1963.
- GREINER, T. "Das Hochrheintal und Seine Kraftwerke". *Tijdschrift voor Economische Geographie*, XXIV, 1933, 189-200.
- HANHAM, R. A.; CALZONETTI, F. J. "Regional & Temporal Trends in Power Plant Units". *The Professional Geographer*, XXXV, 4, 1983, 416-26.
- HARRIS, C. D. "Electricity Generation in London, England." *The Geographical Review*, XXXI, 1, 1941, 127-34.
- HILTON, T. E.; KOWU-TSRI, J. Y. "The Impact of the Volta Scheme on the Lower Volta Flood Plains". *The Journal of Tropical Geography*, XXX, 1, 1970, 29-37.
- HILTON, T. E. "The Volta Resettlement Project." *The Journal of Tropical Geography*, XXIV, 1, 1967, 12-21.
- HOARE, A. "Alternative Energies: Alternative Geographies". *Progress in Human Geography*, III, 4, 1979, 506-37.
- HOFFMAN, G. W. "Toward Greater Integration in Europe". *Journal of Geography*, LV, 1956, 165-76.
- HOLZ, R. K. "The Aswan High Dam". *The Professional Geographer*, XX, 4, 1968, 230-37.
- HUDSON, D. G. "Setting for the Work of the Land Planning Division." *Economic Geography*, XV, 2, 1939, 235-37.
- _____. "Three Major Physical Divisions of the Upper Tennessee Basin". *Economic Geography*, XIII, 1, 1937, 93-101.
- JAMES, P. E. "Minerals and Water Power in Brazil". *The Geographical Review*, XXIII, 2, 1933, 324-25.
- _____. "Industrial Development in São Paulo State, Brazil". *Economic Geography*, XI, 3, 1935, 258-66.

- _____. "Water Power Resources in Brasil." *Economic Geography*, XVIII, 1, 1942, 13-16.
- _____; MARTIN, G. J. *All Possible Worlds: A History of Geographical Ideas*. 2nd ed., New York, Wiley, 1981.
- _____; _____. *The Association of American Geographers: The First Seventy-Five Years — 1904-1979*. Washington, D. C., AAG, 1978.
- JUMPER, S. R.; BELL, T. L.; RALSTON, B. A. *Economic Growth and Disparities: A World View*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1980.
- KELLER, R. *Gewasser und Wasserhaushalt des Festlandes*. Leipzig, 1962.
- KINLOCK, R. F. "The Growth of Electric Power Production in Malaya". *Annals of the Association of American Geographers*, LVI, 2, 1966, 220-35.
- KISH, G. "Hydroelectric Power in France: Plans and Projects". *The Geographical Review*, XLV, 1955, 81-98.
- _____. "TVA on the Danube." *The Geographical Review*, XXXVII, 2, 1947, 274-302.
- KLOPATEK, J. M. "Ecology, Energy and Environment". In: CHANGING ENERGY USE FUTURES, C. B. Smith and R. H. Fazzolave, eds., *Proceedings Second International Conference on Energy Management*, Los Angeles. New York, Pergamon, 1979, 237-44.
- KRONER, G. "Der Bau des Euphrat — Dammes bei Keban (Ostanatolien)". *Raumforschung und Raumordnung*, XXVII, 4, 1969, 156-62.
- LEOPOLD, L. B. "Land Use and Sediment Yield." *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, W. L. Thomas, Jr., ed. (Chicago, U. of C.P.), 1956, 638-47.
- LIGHTFOOT, R. P. "The Cost of Resettling Reservoir Evacuees in Northeast Thailand". *The Journal of Tropical Geography*, XLVII, 2, 1978, 63-74.
- _____. "Planning Reservoir-Related Resettlement Programs in Northeast Thailand." *The Journal of Tropical Geography*, XLVIII, 1, 1979, 47-57.
- LORD, W. "Natural Sources of Power". *A History of Technology*, T. I. Williams, ed. (New York, Oxford U.P.) 1978, 195-222.
- LUTGENS, R. *Die Geographischen Grundlagen und Probleme des Wirtschaftslebens*. Bd., 1, Stuttgart, Franckische, 1950.
- MACINKO, G. "The Columbia Basin Project: Expectations, Realizations, Implications." *The Geographical Review*, LII, 2, 1963, 185-99.
- MAGAKYAN, G. L. "The Mingeaur Multi-Purpose Water-Management Project". *Soviet Geography*, II, 10, 1961, 43-50.
- MARTS, M. E. "Upstream Storage Problems in Columbia River Power Development. *Annals of the Association of American Geographers*, XLIV, 1, 1954, 43-50.
- _____; SEWELL, W. R. D. "The Conflit Between Fish and Power Resources in the Pacific Northwest". *Annals of the Association of American Geographers*, L, 1, 1960, 42-50.
- _____; _____. "The Application of Benefit-Cost Analysis to Fish Preservation Expenditures: A Neglected Aspect of River Basin Investment Decisions". *Land Economics*, XXXV, 1, 1959, 48-55.
- MIDREL, A. A.; KLAIN, S. A. "Curren Problems of the Soviet Electric Power Industry". *Economic Geography*, XL, 3, 1964, 206-20.
- MILLER, H. V. "Effects of Reservoir Construction on Local Economic Units". *Economic Geography*, XV, 2, 1939, 243-46.
- MONITION, L.; LENIR, M.; ROAX, J. *Micro Hydroelectric Power Stations*. New York, Wiley, 1984.
- MORRILL, R.; DORMITZER, J. *The Spatial Order: An Introduction to Modern Geography*. N. Scituate, Duxubry, P., 1979.
- MURPHY, R. E. et alii. "The Fields of Economic Geography. *American Geography: Inventory & Prospect*, P.E. James and C.F. Jones, eds., (Syracuse, Syracuse U.P.), 1954, 240-57.
- NAYMUSHIN, L.; GINDIN, A. "Problems of the Angara Series of Hydroelectric Stations". *Soviet Geography*, I, 6, 1960, 61-8.
- OBST, E. *Allgemeine Wirtschafts — und Verkehrsgeographie*. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, 3rd edition, Berlin, de Gruyter, 1965.
- OVERTON, D. J. B. "The Magician's Bargain: Some Thoughts on Hydroelectric and Similar Development Schemes". *Antipode*, VIII, 3, 1976, 33-46.
- PARK, C. C. "Man, River Systems and Environmental Impacts". *Progress in Physical Geography*, v, 1, 1981, 1-31.
- PATTON, D. J. "Safe Harbor: "A Hydroelectric Plant on the Susquehanna River". In: FOCUS ON GEOGRAPHIC ACTIVITY: A COLLECTION OF ORIGINAL STUDIES, New York, McGraw Hill, 1964, 108-12.

- PATTON, M. J. "The Water-Power Resources of Canada". *Economic Geography*, II, 2, 1926, 168-96.
- PETTS, G. E. "Complex Response of River Channel Morphology Subsequent to Reservoir Construction." *Progress in Physical Geography*, III, 3, 1979, 329-62.
- _____. *Impounded Rivers: Perspective for Ecological Management*, New York, Wiley, 1984.
- PRYDE, P. R. *Conservation in the Soviet Union*. New York, Cambridge U.P., 1982.
- _____. *Nonconventional Energy Resources*. New Wiley, 1983.
- RAITT, W. L. "The Changing Pattern of Norwegian Hydroelectric Development." *Economic Geography*, 1958, 127-44.
- RETEYUM, A. et alii. "The Interplay Between Engineering Structures and the Environment and the Formation of Geo-Engineering Systems". *Soviet Geography*, XIV, 2, 1973, 106-16.
- RINGWALD, F. "Das Kraftwerk Goschenen". *Geographica Helvetica*, XVIII, 4, 1963, 305-14.
- RUDOLPH, W. G. "Bolivia's Water-Power Resources". *The Geographical Review*, XXX, 1, 1940, 41-63.
- SAGER, G. "Zur Inbetriebnahme des Gezeitenkraftwerkes Rance". *Petermanns Geographische Mitteilungen*, CXII, 2, 1968, 122-25.
- SCHWARZ, G. *Allgemeine Siedlungsgeographie*. Berlin, de Gruyter, 1966.
- SCHULER, A. "Regionale Elektrizitätswirtschaft und Raumordnung". *Raumforschung und Raumordnung*, XX, 4, 1962, 197-206.
- SAWYER, S. W. *Renewable Energy — Progress, Prospects*. Washington, D. C., AAG, 1986.
- SEEMAN, A. L.; TENNANT, H. E. "Changing Frontier in the Columbia Basin". *Economic Geography*, XIV, 4, 1938, 418-27.
- SEWELL, W. R. D. "The Role of Regional Inertias in Postwar Energy Resource Development". *Annals of the Association of American Geographers*, LV, 1964, 566-81.
- _____. "Environmental Perceptions and Attitudes of Engineers and Public Health Officials". *Environment and Behavior*, III, 1, 1971, 23-59. In: HUMAN BEHAVIOR & THE ENVIRONMENT: *Interactions Between Man & His Physical World*, ed. by John H. Sims & Duane D. Baumann, Chicago, Murrin, 1974, 179-214.
- SIMPSON, E. S. "Electricity Production in Nigeria". *Economic Geography*, XLV, 3, 1969, 239-57.
- SMILL, V. *The Bad Earth. Environmental Degradation in China*. Armonk, Sharpe, 1984.
- SOMMERS, L. M.; CULLEN, B. T. "River-Water Pollution in Norway: Some Regional Environmental Policy Implications". *The Professional Geographer*, XXXIV, 2, 1982, 208-19.
- SPENGLER, R. "Angewandte Hydrogeographie als Beitrag zur optimalen Nutzung der Wasserressourcen." *Petermanns Geographische Mitteilungen*, CXX, 2, 1976, 149-53.
- STABLER, H. "A Nations Water Power". *Economic Geography*, III, 4, 1927, 434-46.
- STANG, F. "Kohlebergbau und Wasserwirtschaft als Grundlage der Entwicklung in Damodar Gebiet". *Erdkunde*, XXII, 3, 1969, 206-15.
- STAUB, W. "Die Grimsekraftwerk in der Berner Ober-Landischen Landschaft". *Geographica Helvetica*, IV, 1, 1949, 1-5.
- STEMBERG, H. O'Reilly. "The Distribution of water Power Resources In Brazil With Reference to the Participation Ratio Concept". *Annals of the Association of American Geographers*, XXXVIII, 2, 1948, 133-44.
- STERNBERG, R. "Hydroelectric Energy: An Agent of Change in Amazonia (Northern Brazil)". In: *GEOGRAPHICAL DIMENSIONS OF ENERGY*, Dordrecht, Reidel, 1985, 471-94.
- _____. "Large Scale Hydroelectric Projects and Brazilian Politics". *Revista Geográfica*, C1, 1985, 29-44.
- _____. "Hydroelectric Power in the Context of Brazilian Urban and Industrial Planning". In: *LATIN AMERICA: Case Studies*, Dubuque, Kendall/Hunt, 1984, 187-98.
- _____. "Hydroelectric Energy, Repressed Demand and Economic Change in Amazonia". *Acta Amazonia*, XIII, 2, 1983, 371-91.
- TAYLOR, G. "Hobart to Darwin: An Australian Traverse".
- THOMAS, R. S.; CONKLING, E.; YEATES, M. *The Geography of Economic Activity*. New York, McGraw Hill, 1968, 2nd ed.
- THOMAS Jr., W. L. *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. Chicago, U. of Chicago P., 1956.
- THOMPSON, C. "Norway's Industrialization". *Economic Geography*, XIV, 3, 1938, 372-80.
- U. N. ECLA. "Hydroelectric Resources in Latin America: Their Measurement and Utilization". *Economic Bulletin for Latin America*, VII, 1, 1962, 73-113.
- U. S.-D. O. E. *Inventory of Power Plants in the United States — 1985*. Washington, D. C., Energy Information Adm., 1986.

- VENDROV, S. L. "A Forecast of Changes in Natural Conditions in the Northern Ob' Basin in Case of Construction of the Lower Ob Hydro Project". *Soviet Geography*, VI, 10, 1965, 3-18.
- VERULAM, E. et alii. "The Geography of Power: Its Sources and Transmission." *Geographical Journal*, CXVII, 1952, 251-66.
- VON HORN, H. J. "Das Ob-Jenissei Project". *Raumforschung und Raumordnung*, X, 2, 1950, 74-6.
- VOSKUIL, W. H. *Economics of Water Power Development*. New York, 1928.
- WARREN, H. V. "Some Pertinent Factors in Energy Studies". *Canadian Geographer*, V, 1, 1961, 16-22.
- WEBER, A. *Theory of the Location of Industries*. Chicago, U. of Chicago P., 1929. (Translated by Carl J. Friedrich).
- WEIGEND, G. G. "The Danube River: An Emerging Regional Bond". *Geoforum*, VI, 2, 1975, 151-61.
- WHEELER, J. O.; MULLER, P. O. *Economic Geography*. 2nd ed., New York, Wiley, 1986.
- WHITBECK, R. H.; WILLIAMS, F. E.; CHRISTIANS, W. F. *Economic Geography of South America*. New York, McGraw Hill, 1940.
- WHITBECK, R. H.; FINCH, V. C. *Economic Geography: A Regional Survey*. New York, McGraw Hill, 1941.
- WITTFOGEL, K. A. *Oriental Despotism: A Comparison of total Power*. New Haven, Yale U.P., 195.
- _____. "The Hydraulic Civilizations". *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, Chicago, U. of Chicago P., 1956, 152-64.
- WOLMAN, M. G. "Two Problems Involving River Channel Changes and Background Observations". *Quantitative Geography: Part II: Physical and Cartographic Topics*, Evanston, Northwestern U., 1967, 67-107.
- ZIMMERMANN, E. W. *World Resources and Industries*. (revised ed.), New York, Harper, 1951.
- ZURCHER, D.; BRUGGER, E. A. "Zur Evaluierung Grosser Infrastrukturprojekte in der dritten welt". *Geographica Helvetica*, XXXIX, 3, 1984, 129-35.

RESUMO

As várias fontes de energia atualmente usadas são inerentemente geográficas em suas abrangências e funções. Entre essas, a energia hidroelétrica tem recebido pouca atenção da literatura geográfica. Uma crítica a esta literatura mostra a mudança dos interesses de pesquisa dos geógrafos, no setor de hidroeletricidade, através do período examinado, em torno de 65 anos. Mudanças na ênfase e no interesse das pesquisas dividiram os resultados e contribuíram com ganhos para o meio ambiente e para a política de estudos analíticos. O conteúdo sobre energia hidroelétrica como tema, nos textos de *Geografia Econômica*, limitou-se a pouco mais de zero páginas, nos últimos dez anos. A ausência de um enfoque de sistemas no estudo e a análise dos sistemas de energia dão uma visão geral no status atual deste tópico, dentro da disciplina. A bacia do rio constitui a "região ideal". O rio controlado provê a água necessária para a geração de energia e as linhas de transmissão de energia ocupam cinturões, ilustrando os atributos geográficos de um sistema hidroelétrico.

As mudanças na demanda de energia, nos custos e na tecnologia, incentivam a difusão dos sistemas hidroelétricos nos países que estão se industrializando, nas últimas quatro décadas. O artigo "Os Sistemas Hidroelétricos em uma Perspectiva Geográfica" enfoca o assunto, com um objeto duplo: a) apresentar uma revisão setorial na literatura geográfica sobre hidroeletricidade, ou seja, a literatura geral e as apresentações de livros—texto para as suas ênfases respectivas; e b) apresentar um modelo de energia hidroelétrica que seja apropriado dentro do contexto da disciplina.

A crescente preocupação com a decadência do meio ambiente indica a necessidade de se usarem fontes de energia renováveis em proporções crescentes, com o objeto de limitar a poluição ambiental e atmosférica, associada com a queima de combustíveis fósseis. As represas criam alterações ambientais mas a sua viabilidade é dependente da conservação ambiental. As represas hidroelétricas fornecem uma fonte de energia que serve às necessidades de sociedades livres de poluição.

ABSTRACT

The diverse energy sources in current usage are inherently geographical in scope and function. Among these, hydroelectric energy has received limited and unfocused attention in the geographic literature. A review of the literature points to the changing trust of geographers' research interests in

the hydroelectric sector over the period examined — about 65 years. Changes in research interests and emphasis have fragmented the output and contributed to gains in environmental and policy analysis studies. The content in economic geography texts (1940-1988) of hydroelectric energy as subject matter moved from chapters as few as zero pages in the past ten years. The absence of the systems approach in the study and analysis of hydroelectric energy systems provides an overview into the current disciplinary status of the topic presented. The river basin constitutes the "ideal region". The controlled river provides needed water (usage) for energy generation and power transmission lines occupy fixed belts illustrating the geographic attributes of the hydroelectric system.

Changes in energy demand, energy costs, and technology have fostered the diffusion of hydroelectric systems in industrializing states in the past four decades. "Hydroelectric Systems in Geographical Perspective" approaches the subject matter with a dual objective: 1) to present a sectorial survey of the geographic literature on hydroelectricity, i.e., the general literature, and the textbook presentations for their respective emphasis; 2) to present an hydroelectric energy model that is appropriate within the disciplinary context.

The growing concern for environmental decay points to the need to use renewable energy sources in increasing proportions for purposes of curbing environmental and atmospheric pollution associated with fossil fuel burnings. Dams introduce environmental alterations, but their viability is environmental conservation dependent. Hydroelectric dams provide an energy source that serves the long-term needs of pollution-free societies.

Key Words: Dams, Hydroelectricity, energy systems, technology, region, environment, resource reservoirs, conservation, education, models.