

IBGE

Presidente: Isaac Kérstenetzky

Diretor-Geral: Eurico de Andrade Neves Borba

Diretor-Técnico: Amaro da Costa Monteiro

**Departamento de Documentação e Divulgação
Geográfica e Cartográfica**

Chefe: Carlos Goldenberg, Substituto

Publicação trimestral — Assinatura anual

90,00

Número avulso ou atrasado

25,00

Redação: Rua Augusto Severo, 8 — 2.º andar — Lapa — ZC-06

20000 Rio de Janeiro — RJ — Brasil

Pede-se permuta — on demande l'échange — we ask for exchange

Secretaria de Planejamento da Presidência da República
IBGE — DIRETORIA TÉCNICA
Departamento de Documentação e Divulgação
Geográfica e Cartográfica

Boletim Geográfico

249

abr./jun. de 1976 — ano 34

Diretor responsável: Amaro da Costa Monteiro

1 — OS PROCESSOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA CIDADE: APLICAÇÃO DE CONCEITOS TEÓRICOS A ÁREA CENTRAL DO RIO DE JANEIRO	5
2 — A METEOROLOGIA DA PAISAGEM NAS ÁREAS DE PLANÍCIES	24
3 — A ILHA DE CALOR DA CIDADE: FATORES E ATRIBUTOS	51
4 — A DINÂMICA DO ESCOAMENTO FLUVIAL	58
5 — ESTUDO COMPARATIVO DAS FORMAS DE BACIAS HIDROGRÁ- FICAS DO TERRITÓRIO PAULISTA	72
6 — RELACIONAMENTO ENTRE O EQUIVALENTE VETORIAL E O COMPRIMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO CENTRO MERIDIONAL PAULISTA	80
7 — CLIMATOLOGIA DO BRASIL — 7	89
8 — DELIMITAÇÃO DO CONCEITO DE CERRADO	131
9 — BIBLIOGRAFIA	141
10 — NOTICIÁRIO E LEGISLAÇÃO DE INTERESSE GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO	145

O Boletim Geográfico não insere matéria remunerada
nem aceita qualquer espécie de publicidade comercial,
não se responsabilizando também pelos conceitos emi-
tidos em artigos assinados.

Boletim Geográfico, a.1- n.1-

1943- Rio de Janeiro, IBGE, 1943. .
n. il. 23 cm

Mensal do n. 1, 1943 ao 105, 1951.

Bimestral do n. 106, 1952 ao 243, 1974.

Trimestral do n. 244, 1975 em diante.

Do n.1, 1943, ao 198, 1967 — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Conselho Nacional de Geografia; do n. 199, 1967 ao 214, 1970 Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia; do n. 215, 1970 ao 233, 1973 — Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia; do n. 234, 1973 ao 239, 1974 — Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. IBGE; n. 240, 1974 — Secretaria de Planejamento da Presidência da República. IBGE.

1. Geografia — Periódicos. I. IBGE

Rio de Janeiro
Bibl. de Geografia
IBGE



SWB kpal
B688
CDD 910.5

sumário

OS PROCESSOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA CIDADE: APLICAÇÃO DE CONCEITOS TEÓRICOS À ÁREA CENTRAL DO RIO DE JANEIRO	EDITH GAMA BELOCH MARIA CRISTINA V. PEREIRA NINA DE THEREZA PEREIRA RENNÓ	5
A METEOROLOGIA DA PAISAGEM NAS ÁREAS DE PLANÍCIES	WALTHER KOLLMORGEN JOANNA KOLLMORGEN	24
A ILHA DE CALOR DA CIDADE: FATORES E ATRIBUTOS	EDUARDO PAZERA FILHO	51
A DINÂMICA DO ESCOAMENTO FLUVIAL	ANTONIO CHRISTOFOLETTI	68
ESTUDO COMPARATIVO DAS FORMAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO TERRITÓRIO PAULISTA	ANTONIO CHRISTOFOLETTI ARCHIMEDES PERES FILHO	72
RELACIONAMENTO ENTRE O EQUIVALENTE VETORIAL E O COMPRIMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO CENTRO MERIDIONAL PAULISTA	ANTONIO CHRISTOFOLETTI ADEMIR LUIZ CESAR	80
CLIMATOLOGIA DO BRASIL — 7	ADALBERTO SERRA	89
DELIMITAÇÃO DO CONCEITO DE CERRADO	GEORGE EITEN	131

BIBLIOGRAFIA

NOTICIÁRIO E LEGISLAÇÃO DE INTERESSE GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

LIVROS

The Management of Water Quality and Environment — Vários Autores	141
Fundamentos da Economia Florestal — William A. Duerr	142
A Ecologia no Currículo Escolar	145
Dados Informativos	146
O Projeto LANDSAT	147
O Programa SERE	148

A organização espacial de uma cidade está intimamente ligada a diversos fatores e entre esses destacam-se os processos sociais como condicionantes da ocupação do solo, pois afetam à distribuição espacial das funções urbanas. Com referência aos aspectos econômicos, são tradicionalmente conconsiderados, nas economias de mercado, como reguladores do uso do solo urbano. Os autores do presente trabalho são as arquitetas Edith Gama Beloch e Nina de Theresa Pereira Rennó e a economista Maria Cristina Lima V. Pereira. O trabalho foi realizado para o curso de "Estrutura Urbana" da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Os processos de organização espacial da cidade:

Aplicação de conceitos teóricos à área central do Rio de Janeiro

EDITH GAMA BELOCH — ARQUITETA
MARIA CRISTINA LIMA V. PEREIRA — ECONOMISTA
NINA DE THERESA PEREIRA RENNÓ — ARQUITETA

1. INTRODUÇÃO

A organização espacial de uma cidade afeta a vida e as relações de seus habitantes, além de influir na maior ou menor eficiência de suas atividades e conseqüentemente no crescimento econômico global.

A estrutura espacial presente é ainda forte condicionante do processo espacial do futuro. Da mesma maneira que as decisões locacionais de hoje estão limitadas por decisões do passado, as atitudes tomadas atualmente conduzirão a restrições de futuras ações.

Assim, a compreensão dos fenômenos que atuam na organização intra-urbana

é relevante não só para o desenvolvimento de uma teoria urbana mas, sobretudo, para que esses fenômenos possam ser utilizados como instrumento pelo planejador. A este interessam os modelos descritivos e prospectivos, na medida em que possam ser utilizados para formulação de modelos normativos capazes de configurar as cidades de maneira a servir os interesses e objetivos definidos pela grande maioria de seus habitantes.

Numerosos estudos empíricos realizados em várias partes do mundo permitiram, até o momento, a identificação de um conjunto de regularidades nos fenômenos de localização e de relação entre as atividades urbanas.

Coube à ecologia humana, a partir de seus pioneiros da escola de Chicago, a tentativa de analisar as cidades como um sistema estruturado, construindo modelos tanto da estrutura como da dinâmica das cidades. Em que pese este esforço, não se pode ainda atribuir aos esquemas interpretativos uma validade geral.

Considerando as limitações de um enfoque global explicativo da organização intra-urbana, o presente trabalho limitou-se a uma tentativa de captar e sistematizar os fenômenos espaciais identificados empiricamente. Salienta-se, entretanto, que ao descrever estes fenômenos, se procurou apreender em que medida poderiam ser considerados processos espaciais de estruturação física da cidade, abdicando-se, no entanto, de conferir a esses processos propriedades estruturantes ou mesmo explicativas de todo o conjunto urbano.

6

Neste sentido procurou-se, a partir da bibliografia indicada, conceituar os diversos processos, reclassificando-os segundo o grau de suas inter-relações. Além disso, alguns fenômenos tratados por certos autores como processos de estruturação espacial foram considerados, neste trabalho, mais como causas daqueles processos.

O objetivo principal do presente trabalho foi, no entanto, o de tentar aplicar os conceitos teóricos a um caso concreto. Face à dificuldade de se realizar uma pesquisa direta, optou-se pela aplicação das formulações teóricas a um documento pré-elaborado sobre cidades de certo porte. A primeira tentativa consistiu em adotar, por base, planos de desenvolvimento local integrado para cidades com população em torno de 300 a 400 mil habitantes. Dos planos consultados nenhum ofereceu condições para aplicação dos conceitos teó-

ricos, pois, além de não conterem referência a qualquer dos processos, como aliás era previsto, tampouco apresentavam o histórico da evolução da cidade, de forma a permitir a identificação desses processos. Tal fato evidenciava que os processos de organização intra-urbana não têm sido devidamente considerados em planejamento ou, talvez, a dificuldade de se tratar o assunto.

Abandonada esta tentativa, decidiu-se adotar como referência um estudo da evolução de uma área urbana, selecionando-se, para tanto, o trabalho organizado e dirigido pelo geógrafo Aluísio Capdeville Duarte sobre a Área Central do Rio de Janeiro ¹. O trabalho apresenta excelentes informações e interpretações sobre a evolução desta área em termos de funções, estrutura, transformações do sítio, crescimento da área central, comunicações e transportes. Oferece, assim, amplas condições para aplicação dos conceitos teóricos, apresentando, como única restrição, o fato de abranger, apenas, uma zona da cidade. A área considerada não corresponde à delimitação administrativa, mas sim àquela resultado de pesquisas, caracterizada segundo critérios desenvolvidos pela equipe. A Área Central identificada foi subdividida em dois trechos, de acordo com as diferenças de intensidade funcional e estrutural. O núcleo central, o centro de atividades por excelência, pode ser aproximadamente delimitado pelos marcos Praça Mauá, Praça XV de Novembro, obelisco da Avenida Rio Branco e Praça Tiradentes; a periferia, pela Praça Mauá, orla marítima, Passeio Público e Praça da República.

Para efeito da presente análise, considerou-se o núcleo central e a periferia, indistintamente, como Área Central.

¹ IBGE, Conselho Nacional de Geografia, "Área Central da Cidade do Rio de Janeiro" (Rio de Janeiro, Serv. Gráf. do IBGE, 1967).

2. FATORES DETERMINANTES DA ESTRUTURA INTRA-URBANA

A organização espacial da cidade é um reflexo dos padrões das atividades urbanas que requerem espaço — atividades locais — e da maneira pela qual estas atividades utilizam o solo urbano.

As relações entre atividades locais e espaços são, portanto, os fatores determinantes da estrutura intra-urbana. Essas relações têm sido vistas sob diferentes enfoques, alguns com maior ênfase em seus aspectos econômicos, outros atribuindo maior importância aos processos sociais que afetam a distribuição espacial das funções urbanas.

Como afirma Chapin ², a falta de pesquisas sobre o assunto dificulta o estabelecimento de uma diferenciação satisfatória entre determinantes sociais e econômicos.

Tendo em vista que os fatores estritamente econômicos são tradicionalmente considerados, nas economias de mercado, como reguladores do uso do solo urbano, destacou-se neste trabalho a importância de se levar em conta a influência dos processos sociais na evolução espacial da cidade. Naturalmente, estes processos não excluem os fatores econômicos, pois resultam do comportamento da população (indivíduos e grupos) em função de seus valores, subjacentes aos quais podem-se encontrar aqueles fatores.

A relevância dos processos sociais como condicionantes da ocupação do solo

está evidenciada em trabalhos de diversos autores, muitos dos quais sintetizados por Castells ³ em sua análise das teorias do sistema ecológico. Nesta análise o autor se preocupa em definir a relação entre os processos sociais e a organização física da cidade. Nesse sentido, salienta que “não é suficiente a união dos processos sociais e da estrutura urbana; é necessário determinar quais são os processos específicos que, enquanto processos urbanos, contribuem para a formação de tal estrutura; somente assim pode evitar-se a pura justaposição de sociedade e cidade, na qual a segunda seria, de forma quase mágica, reflexo da primeira”. Castells conclui que uma forma adequada de se proceder a essa análise seria, a partir de uma delimitação sucinta de processos sociais e espaciais e de um esquema pré-teórico das relações estruturais no conjunto urbano, estudar concretamente cada um dos elementos assim definidos e observar suas tendências de mudança e sua articulação a outros elementos em cada tipo de situação social.

Enquanto Castells procurou formular uma orientação para a proposição de leis explicativas dos fenômenos urbanos, Firey ⁴ se preocupou em demonstrar a existência de condicionantes sociais — sentimentos e simbolismos — do uso do solo, através de um estudo empírico que constitui um exemplo clássico do assunto. Analisando a evolução do uso do solo no centro da cidade de Boston, Firey mostra que alguns processos ecológicos não podem ser compreendidos em uma interpretação estritamente econômica. Considera o autor

² F. Stuart Chapin Jr., “Urban Land Use Planning” (University of Illinois Press-Urbana, 1965).

³ Manuel Castells, “Problemas de Investigación in Sociologia Urbana” (Siglo Veintiuno Madrid, 1971).

⁴ Walter Firey, “Sentimiento y simbolismo como variables ecológicas”, in G. A. Treodorsen (ed), Estudios de Ecologia Humana, (Editorial Labor, S.A. — Barcelona, 1974), vol. 1.

que os dados resultantes daquele estudo sugerem uma alteração nas premissas básicas da ecologia humana. Esta alteração consiste, primeiramente, em se deixar de atribuir ao espaço uma qualidade estritamente restritiva, conferindo-lhe, também, uma propriedade complementar: a de ser, em certas ocasiões, símbolo de determinados valores culturais que permaneceram associados a uma área espacial específica. Em segundo lugar, a teoria deverá reconhecer que as atividades locais não são unicamente agentes de tipo econômico: são também suscetíveis de estarem imbuídas de sentimentos que podem influir significativamente no processo locacional.

Por outro lado, Chapin, ao tratar do comportamento social como determinante do uso do solo, define que valores e ideais — em função dos quais as pessoas e grupos se comportam — constituem o produto da experiência humana em um contexto cultural, econômico e físico específico. O autor considera que este contexto é condicionado pelo comportamento humano e o condiciona. Por isto, as ações relacionadas àquele contexto motivam valores e são motivadas por estes.

Transpondo as afirmações de Chapin e de Firey (atividades locais imbuídas de sentimentos) para o que foi colocado no início deste capítulo — as relações entre atividades locais e espaços constituem os fatores determinantes da estrutura intra-urbana — pode-se concluir que existe um fenômeno de causação circular entre os valores da população e a organização espacial da cidade. Por esta razão, os valores não foram tratados neste trabalho como um processo de organização do espaço urbano, uma vez consi-

derados causa e também efeito daqueles processos, que serão abordados no capítulo a seguir. Entendeu-se, ainda, que os valores abrangem ideais, sentimentos e simbolismos.

3: OS PROCESSOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

Na literatura consultada sobre o assunto, os processos através dos quais se efetua a estruturação física da cidade encontram-se agrupados e mesmo definidos de maneiras bastante distintas.

Para exemplificar estas diferenciações, foram selecionadas as abordagens de Chapin, Firey e Castells ⁵.

Chapin parte da *AGREGAÇÃO*, processo identificado como básico pelos ecologistas urbanos e que descreve a evolução e o desenvolvimento das comunidades urbanas no tempo e no espaço. O autor relaciona os principais subprocessos localizados de agregação, colocando-os nos seguintes grupos:

- 1.º) Dominação, gradiente e segregação;
- 2.º) Centralização e descentralização;
- 3.º) Invasão e sucessão.

Firey, no estudo de Boston, conclui que o impacto dos sentimentos estéticos, históricos e familiares nos processos locais assume três formas: retenção, atração e resistência.

Na concepção da ecologia clássica, citada por Castells, os processos básicos que contribuem para a formação de zonas concêntricas são, de um lado, o de expansão-agregação e, de outro, o de

⁵ F. Stewart Chapin op. cit.
Walter Firey, op. cit.
Manuel Castells, op. cit.

invasão-sucessão. Para Castells, o processo central de estruturação do espaço urbano é o de invasão-sucessão. O processo de segregação, para o autor, é o resultado da mudança ocorrida no espaço em função do processo de invasão-sucessão. Castells distingue, ainda, dois outros processos do sistema ecológico: centralização-descentralização e concentração-desconcentração.

Neste trabalho procurou-se, inicialmente, identificar os processos que seriam, de fato, pertinentes ao objetivo de descrever a forma pela qual a cidade se estrutura fisicamente. Foram, assim, eliminados alguns processos descritos pelos autores citados, por terem sido considerados não como processos de organização espacial mas como processos, ou mesmo fatores, que influenciam aqueles processos. A dominação, por exemplo, constituiria, nesta abordagem, um processo social que pode originar processos espaciais, tais como o de segregação e o de invasão-sucessão.

Uma vez selecionados, os processos foram agrupados segundo o nível de sua abrangência e o grau de inter-relação entre os mesmos, resultando na categorização abaixo, sendo que cada um dos processos será definido a seguir:

- 1.º — Centralização e descentralização
- 2.º — Invasão e sucessão
- 3.º — Segregação
- 4.º — Coesão.

3.1. Centralização e Descentralização

A permanente evolução da cidade moderna pode ser configurada pela modificação de antigas funções, pela agre-

gação de novas e pelo deslocamento de funções já estabelecidas. A dinâmica urbana vista sob o ângulo do desenvolvimento de funções, gerando novas formas, estruturas e padrões espaciais, pode ser analisada e explicada globalmente pelos processos de centralização e descentralização.

Um corte temporal na evolução da estrutura intra-urbana permitirá identificar estes processos. Seccionadas estaticamente, as metrópoles revelam em sua estrutura espacial a existência dessas duas forças opostas.

A centralização e descentralização parecem ser os processos mais abrangentes no conjunto de processos identificados na organização espacial intra-urbana. Esta posição lhes é conferida, sem dúvida, pela familiaridade que guardam com os fatores determinantes do desenvolvimento das cidades industriais, o modo de produção que obrigatoriamente agrega e concentra populações e riquezas e que, por outro lado, permite o crescimento populacional e gera riquezas em proporções até então desconhecidas pela humanidade. A centralização gerando sua antítese, a descentralização.

A abrangência do processo manifesta-se na organização espacial de toda a área urbana e na evolução temporal das grandes cidades industriais, diferindo nestas apenas quanto ao conteúdo das resultantes do processo, determinadas basicamente pelos distintos sistemas sócio-econômicos e culturais vigentes.

Exemplo dessas diferenciações pode ser observado em Abler, Adams e Gould ⁶, que identificam uma tendência recente à dispersão, ao contrário daquela de aglomeração que era dominante há

⁶ Abler, Adams, Gould, "The Geography of the Future And the Future of Geography" in "Spatial Organization, the Geographer's View of the World", (Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971).

mais de dois séculos. Esta tendência à dispersão teria por origem a busca de amenidades e vem sendo propiciada principalmente pelo grande desenvolvimento do transporte individual e do sistema rodoviário. A observação dos autores seria questionável quanto à universalidade da tendência, seja pelas diferenças de níveis de desenvolvimento seja pelas diferenças entre sistemas sócio-econômicos. Ainda no contexto desse trabalho, os autores observam que esta dispersão vem-se dando em termos dos espaços absolutos das aglomerações, uma vez que certos setores urbanos mantêm-se compactos e outros apresentam baixas densidades. O termo centralização, para os autores, tem um significado menos espacial e mais de controle social. Assim, observam eles, enquanto o espaço se dispersa, o controle se aglomera.

Dos diversos trabalhos existentes, que de forma direta ou indireta abordam os processos de centralização e descentralização, o de Colby ⁷ parece ser o que de maneira mais sistemática trata o assunto. A partir de diversos estudos empíricos sobre cidades, principalmente norte-americanas, Colby identifica dois conjuntos principais de forças que aparentemente governam o desenvolvimento de funções, formas e padrões urbanos — as forças centrífugas gerando a descentralização e as forças centrípetas, a centralização.

3.1.1. Centralização

Como processo genérico na organização espacial das cidades, este mecanismo pode ser identificado mesmo no desenvolvimento das cidades pré-industriais. Na medida em que estas captavam o excedente gerado na agricultura, detinham em si o poder político da sociedade e este, via de regra, se concentrava

em uma determinada área, que simbolizava aquele poder e em torno da qual se desenvolviam as raras funções existentes.

É na cidade industrial (incluindo-se nesta categoria as do período de economia fundamentalmente comercial), na medida em que estas passam de meras absorvedoras para geradoras de excedente, que o processo passa a adquirir expressão e significado.

Com a emergência da revolução industrial, a cidade, como foco de convergência inter-regional e interurbana, passa a sofrer, de fato, os efeitos de centralização intra-urbana com os transportes rápidos de massa, ferroviário e marítimo a vapor. A localização concentrada de terminais de transporte interurbano e inter-regional e a acessibilidade da área em que se localizam fazem desta área um foco próprio intracidade, atraindo a instalação de atividades industriais, bem como gerando a conseqüente formação de um mercado de trabalho e a concentração de atividades especificamente intra-urbanas.

Este processo, historicamente localizável, determina a formação de uma zona urbana, comumente denominada área central, que assume características e fisionomia próprias que podem ser assim descritas:

a) Normalmente, corresponde ao espaço urbanizado no período do desenvolvimento industrial, no próprio local ou próximo do centro herdado do período pré-industrial.

De maneira geral, pode-se dizer que a Área Central do Rio de Janeiro corresponde à área urbanizada até o final do Século XVIII e que seu núcleo compreende a parte mais antiga da cidade, o

⁷ C. Charles Colby, "Centrifugal and Centripetal Forces in Urban Geography" in Readings in Urban Geography (The University of Chicago Press, 1971).

aglomerado urbano do período colonial: Rua Primeiro de Março, Praça Quinze de Novembro e adjacências.

b) Apresenta complexidade de funções e concentração de serviços.

Semelhantemente às grandes metrópoles, a Área Central do Rio caracteriza-se pela complexidade de funções e pela concentração de serviços. Funções que vão desde os serviços de alimentação até ao da gerência de negócios e da produção.

c) Os valores da terra são altos, em harmonia com seu uso intensivo.

Na Área Central do Rio os preços dos terrenos chegam a alcançar os mais altos valores da cidade, variando conforme os equipamentos urbanos e o uso predominante no quarteirão ou na subzona. No centro de atividades por excelência, aquele onde predominam as funções típicas da Área Central, os preços da terra atingem os maiores índices, decrescendo nas áreas de menor complexidade funcional. O valor da terra e a intensidade de sua utilização repercutem na fisionomia da área, traduzindo-se em um crescimento vertical concentrado que o individualiza do resto da cidade. O trecho mais valorizado, situado na área de convergência das Avenidas Presidente Vargas e Rio Branco, ao longo desta última e na Esplanada do Castelo, que já apresentava um crescimento vertical, tem sofrido na última década um processo de reedificação com a expansão em altura, atingindo atualmente mais de 40 pavimentos.

d) Local de trabalho e foco de convergência de transportes intra-urbanos, para onde se dirige diariamente numerosa parte da população ativa, apresentando uma alta densidade demográfica diurna ao contrário da noturna.

A Área Central do Rio de Janeiro é local de trabalho para grande parte da população economicamente ativa da Região Metropolitana e conta com uma população residente que corresponde a menos de 1% da população urbana desta Região, sendo, portanto, um foco natural de convergência de transporte intra-urbano.

A Área Central tende, no entanto, a perder o monopólio do espaço urbano com o aparecimento de outros centros concentradores de funções, que surgem do próprio dinamismo da cidade: o crescimento demográfico, o aumento do nível de atividades, a extensão territorial da mancha urbana. A perda do privilégio não tem significado, entretanto, a perda da primazia sim. A Área Central apresenta transformações em muitas das suas funções e sofre, em alguma medida, concorrência de outros centros, mas vem-se mantendo como centro de gravidade de toda a área urbanizada, devido às muitas qualidades de atração que continua a apresentar.

Na Área Central do Rio de Janeiro este processo de descentralização vem-se manifestando mais claramente a partir da década de 40, quando começaram a surgir em diversos pontos da metrópole outros centros de atividades, denominados subcentros, dos quais se destacam o de Copacabana, Madureira, Méier e Tijuca. A Área Central vem sofrendo a concorrência desses subcentros, sobretudo no que diz respeito a serviços comerciais, médico-odontológicos e recreativos. Quanto a Copacabana, a Área Central já não pode competir no comércio varejista de luxo e nos serviços de recreação.

Se a Área Central perdeu o monopólio de certas funções, evolui, no entanto, no sentido de uma especialização de comando. Ela monopoliza, hoje, a função do poder de decisão. Concentra os escritórios centrais das empresas comer-

ciais, industriais e bancárias que atuam na região, além de manter ainda o privilégio de conter os órgãos públicos e aqueles ligados diretamente com os governos federal e estadual. Concentra também certos serviços de âmbito metropolitano, como o comércio especializado.

Colby, em seu trabalho, alinha em cinco grupos as várias condições de atração que formaram ou que mantêm como tal a área central:

1.º) Atração do Sítio — condições físico-territoriais especiais que convidaram à sua ocupação, em geral portos marítimos e fluviais, na fase comercial, ou proximidade de matérias-primas e fontes de energia no período industrial.

Apesar do sítio do Rio de Janeiro apresentar condições desfavoráveis para implantação da cidade, devido à existência de numerosos brejos e lagoas, possuía recorte litorâneo propício às condições de defesa necessárias à ocupação do território pelos colonizadores. Estas mesmas condições do litoral vieram, posteriormente, a privilegiar a ocupação original com uma função portuária que propiciou e condicionou o desenvolvimento da cidade e de sua Área Central.

2.º) Conveniências Funcionais — qualidades que conferem a esta zona condições superiores para localização ou permanência de muitas atividades. Estas podem ser divididas em 3 tipos:

a) Conveniência Meropolitana — pelo fato de ser a Área Central ponto de convergência do sistema viário urbano e de transporte de massa, tornando-a atraente para a localização do comércio varejista.

b) Conveniência Regional — quando a cidade exerce uma dominância regional, seus acessos às rodovias regionais

convergem, normalmente, para a área central, concentrando-se aí os diversos terminais.

c) Conveniência Inter-Regional — quando a cidade vem a ser ponto focal de mais de uma região, o que é especialmente verdade para os grandes centros comerciais dotados de portos que, em geral, se localizam na área central.

A Convergência de transportes para a Área Central do Rio de Janeiro é acentuada pela imposição do sítio da cidade. A presença de maciços correndo no sentido oeste-leste, próximos do litoral da baía de Guanabara, dividiu a área urbana em zonas cuja interligação viária se faz quase que obrigatoriamente pela Área Central. Esta condição de convergência viária e de transportes é verdadeira tanto no que diz respeito à Região Metropolitana como às demais regiões.

Na Área Central localizam-se, portanto, os principais terminais de transporte:

- a) Intra-urbanos rodoviários — na Praça Mauá, atendendo principalmente às aglomerações da Baixada Fluminense e, ao longo de toda a área, pequenos terminais, como nas Praças Tiradentes, República, São Francisco Xavier e Erasmo Braga;
- b) intra-urbano hidroviário localizado na Praça XV e fazendo a ligação com a parte leste da Região Metropolitana e ilha de Paqueta;
- c) intra-urbano ferroviário — na Estação D. Pedro II;
- d) terminal regional e inter-regional rodoviário — até meados da década de 60, localizado na Praça Mauá e atualmente deslocado para fora da Área Central;
- e) terminal regional e inter-regional ferroviário — na Estação D. Pedro II;
- f) terminal aeroviário — no aeroporto Santos Dumont, hoje com uma escala doméstica, principalmente para São Paulo;
- g) porto do Rio de Janeiro, segundo do País, com um movimento

anual de 3.506 navios, localizado ao longo da Avenida Rodrigues Alves e Praça Mauá, atualmente com previsão de ter sua importância reduzida com a implantação do porto da ilha da Madeira, em Itaguaí, para cargas pesadas.

Estas excepcionais condições de convergência acentuaram a centralidade da área, fornecendo-lhe conveniências funcionais das várias ordens enumeradas por Colby. O comércio varejista, concentrado com exclusividade até 1940 na Área Central, mantém ainda o domínio do comércio especializado devido à conveniência funcional metropolitana que apresenta. Sua localização revela a influência que tiveram as linhas de transporte coletivo. A grosso modo, um conjunto cujos limites seriam: ao norte da Avenida Marechal Floriano, via de escoamento da Estação Pedro II; ao sul Praça Tiradentes; a oeste Praça da República e a leste a Avenida Rio Branco, que até 1950 possuía vários terminais de linhas para a Zona Sul da cidade.

Também a presença do porto conferiu à Área Central uma conveniência inter-regional, atraindo para a mesma diversas atividades, entre as quais a do comércio atacadista, escritórios de importação e exportação e casas de câmbio.

3.º) Magnetismo Funcional — a concentração de uma função na Área Central pode operar como ímã para outras funções, podendo estas ser complementares ou do mesmo tipo.

Situações desse tipo são objetos de inúmeras ilustrações na Área Central. A função político-administrativa, por exemplo, serviu como força de atração para várias funções. Com a vinda da família real portuguesa, no início do Século XIX, a cidade expandiu-se, surgindo novos serviços e desenvolvendo-se os antigos. Com a emancipação política

do País, tornando o Rio capital do Império, ampliou-se a função de administração pública, e como consequência, uma série de outras: a função de direção de negócios, a função cultural — museus, sociedades científicas e artísticas, bibliotecas, salas de conferência e estabelecimentos de ensino — hoje em grande parte deslocada da Área Central. O comércio varejista, principalmente o especializado, a função recreativa, a função financeira e os serviços prestados por profissionais liberais são algumas das funções que, atraídas, suscitam outras atividades do mesmo tipo ou complementares. Também a função portuária teve um papel importante no condicionamento do crescimento da cidade, dando origem, entre outras, à função atacadista.

4.º) Prestígio Funcional — uma força centrípeta que confere a alguns setores da Área Central maior ou menor grau de prestígio, em geral decorrente da convergência do magnetismo e da conveniência funcionais. É o caso típico de setores intra-área central que passam a concentrar atividades homogêneas, em um processo de coesão, adquirindo prestígio em relação àquele tipo de atividade. Para o comércio varejista, por exemplo, destacam-se, na Área Central do Rio, duas áreas com características distintas quanto à qualidade dos bens oferecidos e à faixa de renda dos consumidores: o núcleo mais tradicional, representado pelas ruas do Ouvidor e Gonçalves Dias, para o comércio de luxo e o núcleo mais recente, evoluído do setor atacadista e conhecido como “SAARA”, compreendendo as ruas da Alfândega, Senhor dos Passos e adjacências, oferecendo bens para camadas mais populares.

5.º) “Human Equation” — expressão que enquanto entendida como “Sentimentos e Simbolismos”, influenciando na decisão individual ou de grupos, poderia ser qualificada, como o autor o

faz, em mais uma das forças centrípetas. Entretanto, como já colocado anteriormente, entendeu-se, neste trabalho, que sentimentos e simbolismos são abrangidos por valores em sua conceituação mais ampla. Assim, "Human Equation" teria implicações mais globais de causa e efeito em todo o processo de organização intra-urbana, não podendo, por tanto, restringir-se à classificação de força centrípeta.

3.1.2. Descentralização

Para Frederic Osborn⁸, descentralização constitui um termo genérico aplicável a diversos tipos de movimentos ou deslocamentos centrífugos. O autor identifica o movimento de pessoas ou da função residencial como a expansão suburbana; o das atividades secundárias e terciárias, com a subcentralização; e com a dispersão, o movimento de população, indústria, comércio e serviços para cidades novas ou aglomerações menores, desde que haja uma descontinuidade entre as manchas urbanas.

O processo da descentralização, entendido sob seu aspecto mais abrangente, determina, portanto, resultados diferentes na organização espacial. Fazendo um corte no tempo, diríamos que esses resultados correspondem a momentos distintos — o próprio processo de centralização precedendo a descentralização e, dentro desta, a expansão suburbana precedendo a subcentralização e esta, a dispersão.

Se do ponto de vista da evolução histórica das grandes aglomerações urbanas isto é correto, é verdade também que estas duas primeiras consequências da descentralização atualmente se superpõem no tempo, principalmente nas metrópoles de países desenvolvidos,

pois a expansão suburbana é hoje, sobretudo, uma busca de amenidades, permitida pela existência de transportes rápidos, dispensando o oferecimento de funções diversificadas nas suas proximidades. Por outro lado, o aparecimento de "shopping centers" em áreas ainda não ocupadas, dotadas de um conjunto de serviços e comércio comparáveis ao CBD e com grandes espaços para estacionamento de automóveis, indica que a relação causa e efeito que lhes dava uma sequência temporal está atualmente rompida, dado o nível tecnológico alcançado pela indústria de transporte.

Dado que o escopo do presente trabalho diz respeito apenas aos processos que afetam a organização intra-urbana imediata, consideraram-se, somente, as consequências de expansão suburbana e subcentralização no processo de descentralização. Adotando-se a mesma sistematização de Colby, pode-se dizer que este processo corresponde à atuação de forças centrífugas que impelem funções a migrar da área central da cidade para sua periferia ou para além desta.

O processo de descentralização, assim entendido, passa a ter a mesma referência adotada em relação à centralização da Área Central. Deixa, portanto, de ser um processo genérico, atuando indiscriminadamente nas zonas da cidade, para ter como referência de análise a Área Central. Se assim não fosse, poder-se-ia classificar como força centrípeta a atração que se exerce na periferia, quando na verdade Colby caracteriza a força centrífuga como uma combinação de dois impulsos, o da expulsão da Área Central e o de atração para a periferia.

⁸ J. Frederic Osborn, "Descentralization y Dispersion", in Arnold Whittich (ed.), *Enciclopedia de la Planificación Urbana*, (Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, — 1975).

Dentro deste critério o autor identifica seis forças:

1.a) *Força espacial* — onde a concentração de atividades e população atinge níveis de congestionamento, expulsando da Área Central, primeiro a função residencial e, posteriormente, outras funções, para os espaços na periferia, os quais possuem a qualidade de atração.

No início do século XX, quando a Área Central do Rio de Janeiro já se achava perfeitamente caracterizada, observou-se uma perda substancial de sua população residente.

Quanto à função industrial, foram os grandes estabelecimentos, situados em geral nos limites da Área Central, como na então Prainha, hoje Praça Mauá, que tiveram suas unidades de produção deslocadas para áreas com importante função fabril e que apresentavam condições de espaço, como Gamboa e São Cristóvão.

O mesmo deslocamento para áreas como São Cristóvão ocorreu, na década de sessenta, em relação ao comércio atacadista, especialmente com relação aos grandes depósitos próximos à orla.

2.a) *Força do sítio* — onde a paisagem natural da área central, modificada e utilizada de forma intensiva, contrasta com a maior oferta de terra na periferia. A possibilidade de escolha de áreas propícias para instalações de atividades que requerem condições especiais de terreno ou a presença de amenidades — elementos naturais, como áreas florestadas e orla marítima — representam uma força de atração da periferia.

Isto é especialmente verdadeiro no caso da função residencial no Rio de Janeiro, a qual se desloca do centro para a orla marítima oeste da baía da

Guanabara. Para os grandes estabelecimentos industriais, esta força se expressa na implantação de distritos industriais, em geral em áreas não ocupadas ou esparsamente ocupadas, como é o caso do Distrito Industrial de Santa Cruz.

3.a) *Força da localização* — que decorre dos espaços insatisfatórios, na área central, para funções que necessitam expandir suas atividades ou mesmo reordená-las, e da possibilidade de se obter, na periferia, os espaços desejados.

O exemplo típico desta situação seria o da função portuária do Rio de Janeiro, de expressão nacional, localizando-se, ainda hoje, na Área Central e que não mais apresenta condições de expansão e mesmo de reordenamento. Esta situação de estrangulamento conduziu à decisão do governo federal de instalar o porto da ilha da Madeira, em Itaguaí, desfogando e limitando a expressão do porto localizado na Área Central.

4.a) *Força de avaliação social* — exercendo-se contra a permanência de certas atividades na área central, devido às condições de crescente valorização da terra, à forte carga tributária, à pressão de interesses diversos contra o exercício de atividades principalmente industriais, ao próprio rompimento de certas atividades com a tradição de se localizarem nesta área ou ainda, inversamente, devido ao declínio social que representa a área central para outras atividades como a residencial. Além disso, as condições opostas na periferia — terra pouco valorizada, carga tributária pequena, liberdade de atuação, valorização social — exercem uma força de atração sobre determinadas funções.

A força de avaliação social seria, assim, um conjunto de expressões objetivas como custo da terra, carga tributária

e mesmo condições de espaços, do sítio e de localização, determinando, ainda que não diretamente, expressões de ordem subjetiva na avaliação social de localização.

A função residencial, com alguns resquícios nas ruas Senhor dos Passos, Conceição, Constituição, Avenida Marechal Floriano e Lavradio, com sobrados em geral transformados em habitações coletivas, é um exemplo do desprestígio social que apresenta esta função na Área Central do Rio de Janeiro. O mesmo se pode dizer em menor escala para a função recreativa, concentrada na Praça Tiradentes e Cinelândia. Outro exemplo ainda de rompimento com a tradição de se localizar na Área Central pode ser identificado, nos últimos vinte anos, pela transferência de muitos serviços prestados pelos profissionais liberais — escritórios de engenharia, economia e especialmente consultórios médico-odontológicos e laboratórios de análises clínicas — para os subcentros, com tendência a se concentrarem em Botafogo, transformando este bairro em área especializada.

5.ª) *O padrão da ocupação*

As crescentes restrições legais impossibilitando, por exemplo, certas atividades de exercerem controle sobre suas áreas vizinhas, necessárias para instalações de pátios de manobras, depósitos, estacionamento etc., o congestionamento de tráfego e o alto custo de transporte são algumas das condições da expulsão da área central que contrastam com as condições da área periférica. Nesta, inexistindo congestionamento de tráfego e havendo a possibilidade de seleção de sistemas viários adequados às funções, bem como a possibilidade de certas atividades exercerem controle, pelo menos relativo, sobre áreas vizinhas de dimensões razoáveis, as condições de localização configuram-se mais propícias: para a função residencial as-

sociada a um sistema viário do tipo radial e ao privilégio de impor certos regulamentos, como tipo de ocupação e intensidade de utilização do solo, e para as funções industriais relacionadas a um sistema viário do tipo circular e à liberdade de projetar e operar, de eliminar resíduos e de desenvolver um tipo particular de comunidade.

Na Área Central do Rio, o congestionamento do tráfego e as crescentes restrições legais para estacionamento, carga e descarga e mesmo para circulação de veículos, vêm expulsando inúmeras atividades de abrangência não metropolitana, principalmente as industriais, o comércio atacadista e varejista, os serviços e a função recreativa. Estas, como a atividade residencial, procuram localizar-se em condições de ocupação do solo e de circulação propícias ao seu desempenho. A função residencial vem-se deslocando, preferencialmente, ao longo dos principais eixos viários radiais e, em certas situações, impondo o prolongamento desses eixos e o tipo de ocupação, como é o caso da Barra da Tijuca e São Conrado, a oeste e, mais recentemente, exercendo pressão para leste, em Itaipu e Piratininga.

6.ª) *Human Equation*

Como explicitado no item 3.1.1., esta força, que exerce também uma carga centrífuga, seria, no enfoque deste trabalho, interpretada como "Sentimento e Simbolismo", ou seja, como expressão atípica de valores e ideais de grupos sociais. Neste sentido, poderiam ser destacados, das exemplificações do trabalho de Colby, os impulsos migratórios oriundos de crenças religiosas e as idiosincrasias pessoais. Provavelmente seriam agrupados sob o título de força da avaliação social os "booms" imobiliários e as manipulações políticas.

O exercício das forças centrífugas faz com que o processo de descentralização se exerça sobre todas as atividades urbanas. No entanto, a atuação sobre as atividades terciárias e secundárias é a que provoca efeitos mais complexos sobre a organização intra-urbana, com o rompimento da estrutura espacial simples de um núcleo para a formação de diversos núcleos secundários intra-urbanos, o que Osborn classificou como subcentralização.

A permanência de um núcleo intra-urbano principal se deve ao fato de as forças centrífugas não atuarem simultaneamente e sobre todas as atividades. Esta atuação se dá de forma seletiva, seja por tipo de atividade ou mesmo setorialmente dentro da atividade, seja ao longo do tempo, como transparece dos inúmeros exemplos retirados do trabalho sobre a Área Central do Rio de Janeiro.

3.2. Invasão e Sucessão

Segundo a escola de ecologia humana de Chicago, os princípios que atuam nas comunidades animais e vegetais ocorrem, também, nas comunidades humanas, embora nestas últimas seus efeitos sejam bem mais complexos. Influenciados, portanto, pelos conceitos da ecologia em ciência natural, os ecologistas humanos analisaram os sucessivos padrões e fases de desenvolvimento comunitário que ocorrem na cidade. Nesse enfoque, o modelo ecológico geral da cidade e a relação funcional entre suas partes seriam determinados pelos princípios de domínio e sucessão, os quais dependem diretamente da competição. No mundo vegetal e animal, os padrões de desenvolvimento comunitário variam em função de fatores de interação, tais como migração de

espécies, clima, vegetação, topografia e características do solo. Estes padrões variantes correspondem a uma seqüência de fases caracterizada como processo de sucessão, que culmina em uma fase mais evoluída (clímax), na qual a comunidade atinge o equilíbrio.

Segundo Park ⁹, o equilíbrio da natureza, tal como concebido pelos ecólogos de plantas e animais, parece ser, principalmente, uma questão de números. Sempre que a pressão demográfica sobre os recursos naturais do *habitat* atinge um determinado grau de intensidade, algo sucede invariavelmente. Em alguns casos a população emigra, aliviando, assim, a pressão demográfica. Em outros, quando o desequilíbrio entre população e recursos naturais é consequência de alguma mudança brusca ou gradual das condições de vida, a correlação preexistente entre as espécies poderá ser totalmente destruída. A mudança pode ser provocada por uma grande fome, uma epidemia ou uma invasão do *habitat* por alguma espécie estrangeira. Esta invasão poderá resultar em rápido aumento da população invasora e um brusco decréscimo da população original ou, ainda, sua destruição.

Embora as proposições da escola de ecologia humana, como já se mencionou em outro capítulo deste trabalho, não sejam consideradas atualmente como um esquema de validade geral, seus conceitos se aplicam ao estudo do processo de invasão e sucessão. Pode-se, pois, verificar que, analogamente ao processo de invasão e sucessão observado na comunidade animal e vegetal, um grupo de população ou um uso da terra, na cidade, é invadido por um outro que termina por suceder o grupo original que vai ocupar outra área.

⁹ Robert Ezra Park, "Ecologia Humana", in G.A. Theodorson (ed.), *Estudios de Ecologia Humana*, (Editorial Labor S.A., Barcelona, 1974), vol. I.

O processo de invasão e sucessão está normalmente ligado à população de áreas residenciais, embora possa representar, também, mudanças no uso do solo, tais como atividades comerciais interpenetrando áreas residenciais, apartamentos substituindo habitações unifamiliares.

O grupo de população que invade a área apresenta, em relação aos ocupantes primitivos, diferenças econômicas, sociais e culturais. Em geral, este processo corresponde a uma deterioração de áreas abandonadas por classes sociais de *status* mais elevado. Como principal consequência da invasão, a composição da população ou do uso do solo existentes na área se desintegra, resultando na sucessão.

O processo de invasão e sucessão decorre de mudanças no valor da terra, nas condições ambientais da área, nos sistemas de transportes e nos valores da população. Para os estudos urbanos este processo é importante face ao caráter mutável que ocasiona nas áreas da cidade.

Na evolução da Área Central do Rio de Janeiro ocorreram os dois tipos de invasão e sucessão: grupos de população e uso do solo. Na Área Central propriamente dita, conforme delimitada no estudo do IBGE que serviu de base a este trabalho, verifica-se, basicamente, o processo do segundo tipo, ou seja, a sucessão à atividade residencial de outras atividades. Tal fato é mesmo inerente à evolução da Área, pois uma característica do centro de todas as metrópoles é a ausência da atividade residencial. No trabalho do IBGE pode-se ver, inclusive, que um dos critérios adotados para a delimitação da Área Central foi a população residente, definindo-se como centro a área onde se encontrava um pequeno número de domicílios e uma baixa densidade demográfica de residentes. Nas áreas periféricas

ao centro, o número de moradores se eleva, como no Calabouço, na Lapa e nas ruas próximas à Avenida Marechal Floriano, tornando-se ainda mais elevado e com alta densidade demográfica nas áreas degradadas (áreas de transição entre a Área Central e os bairros residenciais).

A população residente começou a decrescer na Área Central do Rio a partir de 1870. Naquela época a população das paróquias da Candelária e de São José de Santa Rita, que constituem o atual centro, era de 53.264 habitantes. Em 1890 o número de famílias residentes era de apenas 575 e a Circunscrição da Candelária — ruas de São Pedro, General Câmara, Candelária, Visconde de Inhaúma e Primeiro de Março — foi sendo invadida pela expansão do centro comercial que expulsou, gradativamente, o uso residencial. No Censo de 1960 as Circunscrições da Candelária e de São José compreendiam, respectivamente, 435 e 4.696 pessoas residentes.

Como exemplo do processo de invasão e sucessão de usos na Área Central, pode-se mencionar o ocorrido no núcleo formado pelas ruas da Alfândega, Buenos Aires e Senhor dos Passos (no trecho entre a Avenida Passos e a Praça da República), no qual, após a década de 1940, a função residencial foi sucedida pelo comércio que, por sua vez, deixou de ser predominantemente atacadista. Os sobrados residenciais passaram a ser, naquela época, ocupados por depósitos ou pequenos artesanatos, enquanto o pavimento térreo dos prédios era destinado a lojas varejistas.

Examinando-se a composição da população da Área Central em diferentes épocas, nota-se que a mesma se alterou, caracterizando o processo de invasão — sucessão.

Os dados disponíveis, nesse sentido, no estudo do IBGE, referem-se ao período

1870-1890. A Circunscrição da Candelária, que primeiro sofreu esta alteração, contava com 9.818 habitantes em 1872, passando para 9.701 habitantes em 1890. Entretanto, o número de famílias, naquele período, reduziu-se de 1.106 para 575. Conclui-se, daí, que um grande número de famílias abandonou a área a qual foi invadida por solteiros. Este elevado número de solteiros encontra-se até hoje na população residente no centro.

Como fatores que contribuíram para a transferência dos moradores da Área Central para os bairros e subúrbios, no período mais significativo desta transferência — 1890/1920, o estudo do IBGE menciona o aumento da circulação de pedestres pelas ruas centrais que, com isso, perderam amenidade; a intensificação do trânsito de veículos permitindo o deslocamento para distâncias maiores e as transformações urbanísticas que tiveram início na primeira década de 1900. Para transformar as ruas estreitas e sinuosas da Área Central, visando, principalmente, ao des congestionamento do tráfego, foram demolidos os velhos sobrados, indo seus antigos moradores residir nos bairros e subúrbios. A abertura da Avenida Central (atual Av. Rio Branco), ligando a Avenida Beira-Mar à Praça Mauá, foi a obra de maior vulto naquele período, implicando na demolição de 500 prédios. Um outro fator que gerou o decréscimo da população residente na Área Central foi a grande valorização dos terrenos, em função da qual as famílias não puderam mais competir com o comércio e a indústria no preço dos aluguéis.

Devido à valorização dos terrenos, também a função recreativa foi expulsa de algumas partes da Área Central, como na Avenida Rio Branco, entre a Rua do Ouvidor e Av. Almirante Barroso. Neste trecho expandiram-se as atividades financeiras e de negócios, desa-

parecendo a função recreativa, que foi ocupar a Cinelândia, surgida naquela época com a demolição do Convento da Ajuda.

Na área periférica ao centro, onde ainda se encontra a função residencial, houve um processo de invasão-sucessão de grupos de população de padrões sócio-econômicos distintos dos da população original como, por exemplo, na área portuária. A influência da atividade portuária criou na Área Central, e em sua periferia, um zoneamento próprio que se estende da Praça Mauá, em direção à Gamboa, até o Caju e na Rua Acre e adjacências. Nestas áreas, as habitações são de baixo padrão, constituindo verdadeiros cortiços. Os prédios antigos são ocupados por várias famílias ou, ainda, transformados em hotéis de baixa categoria e pensões (normalmente para homens), caracterizando-se a população aí residente pela instabilidade e baixo padrão social.

3.3. Segregação

O processo de segregação consiste na especialização de determinadas zonas quanto à atividade desenvolvida ou na caracterização das mesmas pelas categorias sociais ou étnicas de seus habitantes.

O processo ocorre por existir uma tendência de cada área residencial ser ocupada por famílias de renda similar, ocupando moradias de padrões semelhantes. Para as classes de mais alta renda essa questão é vista como um meio de manter os valores da propriedade. Para as classes de baixa renda influi, particularmente, a facilidade de acesso aos locais de emprego e, no caso dos Estados Unidos, são enfatizados os fatores relativos à raça e nacionalidade (imigrantes): é o caso do surgimento dos guetos negros e de imigrantes.

Os guetos de imigrantes na sociedade americana surgiram no período de 1840 a 1920, concentrados perto das fontes de emprego não qualificado, à margem do CBD emergente, ocupando os quarteirões residenciais adjacentes que haviam sido abandonados pelos residentes originais, devido à expansão das atividades comerciais ¹⁰. Nesse caso, a segregação seria o resultado de um processo de invasão-sucessão.

Quanto aos guetos negros, a legalidade de um sistema de discriminação racial no sul dos EUA juntamente com políticas de incentivo à homogeneidade racial, quanto aos locais de residência (1935-50), funcionaram como fator exógeno na promoção e manutenção de "clusters" residenciais baseados na raça.

A segregação nos guetos negros se apresenta, atualmente, tão marcante nas cidades americanas que está delineando uma situação de domínio das áreas centrais dessas cidades pela população negra ¹¹.

Evidencia-se, contudo, em qualquer situação, a importância do nível de renda das populações na determinação da sua localização no espaço urbano. Cada nível de renda irá determinar o acesso das populações a distintas parcelas do solo urbano, dependendo do seu valor.

O processo levaria, assim, à formação de bairros proletários, bairros burgueses, zonas industriais, bairros comerciais e distritos residenciais, dentre outras modalidades.

No limite, o processo de segregação suporia, no interior da cidade, uma área espacial determinada para cada ati-

dade, assim como uma parte distinta da mesma para um grupo social bem definido. No entanto, a segregação, em geral, não é rígida. O processo vem a ser importante como tendência. A caracterização de "bairro operário", por exemplo, é feita na medida em que a percentagem de trabalhadores residentes nesse bairro é superior à de outras zonas urbanas. Nesse sentido, cabe verificar, através da localização dos grupos sociais, a coesão ou dispersão de cada um deles e as conseqüências de sua proximidade espacial. Assim, a segregação residencial, por exemplo, tem repercussões sobre outros usos do solo, dado que famílias de mesma classe de renda têm padrões de consumo semelhantes e as atividades comerciais varejistas e os serviços agrupam-se para atender às necessidades daquela classe de renda.

Em termos mais gerais, pode-se dizer que a segregação tem como conseqüência a delimitação de áreas sociais mais ou menos homogêneas e o isolamento de certas atividades.

Na Área Central do Rio de Janeiro dois exemplos evidenciam o processo exposto. O primeiro manifesta-se na área da Gamboa, caracterizada por sua função residencial de baixa renda. Sua ocupação inicial data de fins do século XVIII, quando, pela expansão da cidade, começam a aparecer aí as primeiras residências. Com a instalação do porto na Av. Rodrigues Alves, em 1910, as ruas paralelas e transversais, correspondendo à Saúde e à Gamboa, principiaram a mudar de fisionomia. De antigos depósitos de escravos e entreposto de comércio de madeira, passaram a abrigar numerosos armazéns pertencentes ao governo e a compa-

¹⁰ David Ward, "The Emergence of Central Immigrant Ghettos in American cities: 1840-1920", in *Internal Structure of the City*.

¹¹ Harold M. Rose, "The development of an Urban Subsystem: The case of the Negro Ghetto", in *Internal Structure of the City*.

nhas particulares, cujas atividades estavam estritamente relacionadas com o porto. A partir daí a característica residencial da área muda de feição, assumindo o caráter de área residencial de baixa renda, voltada para o centro de emprego não qualificado das proximidades. O segundo exemplo relaciona-se à área do Mangue, nas proximidades da Av. Presidente Vargas, caracterizada por longo período como zona de baixo meretrício e hoje em processo de renovação urbana, fazendo parte do projeto da "Cidade Nova".

A segregação, conforme apontado, ocorre comumente em relação a áreas fisicamente deterioradas, as quais, em muitos casos, como no exemplo do Mangue, tornam-se objeto de renovação urbana.

3.4. Coesão

De acordo com Hoover¹², dentre os diversos padrões locais de uma atividade, existem os padrões dominados por coesão. Nesse caso, considera o autor tanto fatores de atração quanto de repulsa mútua, assim como padrões envolvendo áreas de mercado, como também áreas de oferta.

Os processos típicos de coesão identificados pelo autor são configurados a partir dos seguintes enfoques:

3.4.1. Variedade na disponibilidade de produtos e atração de mercado.

A atração mútua tanto de ofertantes quanto de compradores geraria uma tendência aglomerativa (economia de aglomeração) devido, essencialmente, ao fato de os produtos não serem padronizados, exigindo portanto a comparação pelos compradores.

3.4.2. Economias externas e de escala.

Enquanto no item anterior predominavam os aspectos associados ao mercado consumidor, aqui tais elementos são mais afetos à oferta de bens e serviços, devido basicamente ao suprimento de insumos (supostamente também os de infra-estrutura de serviços básicos). Para determinadas atividades supridoras, é necessária a existência de um "cluster" de atividades demandantes (economias externas) que viabilize escalas mínimas de produção (economia de escala) capazes de propiciar certo grau de especialização das firmas (economias internas), tanto maior quanto mais elevada a especialização dos demandantes. Associa-se então a existência daquelas economias ao tamanho da aglomeração de uma certa atividade ou indústria, em determinado local (economia de aglomeração e também economia de localização).

3.4.3. "Clusters" de uma única atividade e urbanização.

Estudos empíricos tendem a mostrar que em aglomerações de uma única atividade nem sempre o fator locacional é dominante: tais atividades singulares muitas vezes estão associadas ao pequeno tamanho das firmas, à utilização intensiva de mão-de-obra (em geral, com certa especialização) ou a atividades de giro rápido de estoques (basicamente aquelas ligadas a bens de consumo). Nesse caso, a mera justaposição de um certo número de estabelecimentos do mesmo ramo de atividade torna a área atrativa para os compradores, consistindo nesse fato a base da tendência da aglomeração.

Por outro lado, encontra-se mais que um "cluster" onde a disponibilidade de insumos comuns é muito importante,

¹² E. M. Hoover, "An Introduction to Regional Economics" (Alfred A. Knopf, 1971), pág. 75.

apresentando-se mais como um complexo de atividades complementares que propriamente como um agrupamento de unidades de atividade única. Em tais complexos a variedade e a qualidade de bens e serviços requeridos são de tal ordem que o próprio tamanho da cidade (economia de urbanização) acaba sendo mais importante do que a própria concentração local de cada uma das atividades.

Destaca-se aqui, portanto, a diferenciação entre economias externas, que refletem concentração de unidades de atividades singulares, daquelas economias externas que decorrem do próprio tamanho urbano (economia de urbanização).

No mundo real, contudo, há que se considerar, segundo o autor, as inúmeras possibilidades de combinação dos casos extremos anteriormente listados, onde uma coesão malogra em vista da predominância de fatores dispersivos. Assim, em muitos casos, pode-se ter a coexistência no elemento espacial: a) tanto de forças dispersivas como aglomerativas ou ainda b) a superposição de áreas de mercado com áreas de oferta, especialmente quando compradores e vendedores encontram-se dispersados. Em ambos os casos poderia haver dificuldade para o surgimento de "clusters".

O processo de coesão é tratado também por Haig¹³ em seu clássico artigo de 1926, onde, a partir de um modelo geral que trata da concentração das atividades econômicas nas cidades, reconhece que a obtenção de objetivos socialmente desejáveis exige a ingerência do planejamento urbano, submetendo o uso do solo urbano com finalidades particulares ao controle social. Estabelece aí algumas importantes rela-

ções sobre os mecanismos da "coesão de funções", a partir de cuidadosas observações a respeito da evolução urbana de N. York, especialmente no que diz respeito à descentralização.

Essencialmente, Haig mostra que, em função de se satisfazer certo tipo de demanda de uma clientela particular (por renda, localização etc), pode ocorrer certa especialização de funções em determinadas áreas. Mostra, ainda, que as pequenas firmas têm, nestes casos, vantagens comparativas sobre as grandes, porque a especialização e a desintegração compensam as dificuldades de coordenação e controle, próprias das grandes firmas que se ampliam com a própria dispersão.

Generalizando, Haig mostra que "da coesão de funções de um dado distrito derivam também certas vantagens, cujo resultado é a existência de um certo número de centros especializados, com unidades de interesse definidas, em vez de um único centro diversificado". Os exemplos que mais ressaltam na metrópole estudada são o distrito financeiro e as áreas comerciais centrais já consolidadas.

Analizando o processo com relação à Área Central do Rio de Janeiro, destacam-se as seguintes considerações:

a) A concentração comercial, como resultado da necessidade de localização próxima dos estabelecimentos varejistas, define, na Área Central do Rio, dois núcleos de considerável especialização interna, tanto quanto ao ramo de atividades das lojas como no que diz respeito ao seu aspecto qualitativo:

a-1) O primeiro engloba a rua do Ouvidor, no trecho compreendido entre a Avenida Rio Branco e o Largo de São Francisco de Paula, a Rua Gonçalves Dias, as ruas Uruguaiana, Sete

¹³ Robert Murray Haig, "Toward an understanding of the metropolis" in *The Quarterly Journal of Economics*, (February, 1926).

de Setembro (principalmente da Av. Rio Branco até a Praça Tiradentes) e a Rua da Carioca. As ruas do Ouvidor e Gonçalves Dias constituem o setor varejista do comércio fino da Área Central. Aí estão situadas as mais importantes e tradicionais lojas do Centro nos ramos de vestuário feminino e masculino, jóias, tecidos e perfumarias.

a-2) O segundo é formado pelas ruas da Alfândega, Senhor dos Passos, Buenos Aires e os trechos transversais das ruas Tomé de Souza, Regente Feijó, Gonçalves Ledo e Avenida Passos. Caracteriza-se por um comércio de varejo mais popular, constituído por grande número de lojas de artigos femininos, masculinos, tecidos, armários e brinquedos. Inicialmente apresentando uma estrutura atacadista-varejista, verifica-se atualmente uma progressista tendência para o desenvolvimento de uma organização mais varejista do que atacadista.

b) A formação de "clusters" de uma única atividade evidenciava-se, no caso do Centro do Rio, pela existência de certas ruas de comércio especializado, como a Uruguaiana, onde há uma sensível predominância dos estabelecimentos que comerciam com artigos eletrodomésticos ou como as ruas Visconde de Inhaúma, Teófilo Otoni, São Bento e Mayrink Veiga, onde a ocorrência de firmas representantes de indústrias de ferragens, materiais elétricos e máquinas é bastante acentuada.

Se considerados no conjunto, esses "clusters" aí exemplificados seriam explicados não apenas pela vantagem da concentração local dessas atividades, mas principalmente pela consideração do tamanho da Área Central do Rio que permitiria uma visão de complementaridade dos "clusters".

c) A coesão decorrente de economias externas e de escala, conforme apresentado anteriormente, é mais evidente para atividades industriais, onde são

mais destacados os aspectos de complementaridade (relações interindustriais). No entanto, quando se examina a Área Central de uma cidade, sabe-se que, devido ao processo de descentralização, dificilmente poderá ser encontrado no núcleo exemplo desse tipo de processo de coesão, dado a rarefação de estabelecimentos industriais no centro.

No Centro do Rio, embora as maiores fábricas nunca chegassem a se estabelecer no âmago da Área Central propriamente dita, estavam bem perto dela, a exemplo da Prainha, hoje Praça Mauá, que abrigava diversos galpões industriais. Com o crescimento da cidade, estes estabelecimentos foram fechados ou transferiram-se para aqueles locais onde já havia importante função fabril como Gamboa e São Cristóvão.

Em São Cristóvão, por exemplo, é possível identificar-se o processo de coesão devido à complementaridade industrial: é o caso das aglomerações de oficinas de reparos de automóveis e de centas fábricas de autopeças.

Estendendo-se a complementaridade para funções ou atividades não industriais, encontram-se na Área Central do Rio vários casos dessa coesão. Um deles seria o exemplo de São Cristóvão, citado acima, quando se assinala também a presença, no local, de grande concentração de lojas de acessórios de automóveis. Outro, a coesão de áreas formadas por pequenas fábricas de confecção e lojas varejistas, encontrada ao longo das ruas transversais à Avenida Rio Branco, onde as fábricas ocupam o andar superior de velhos casarões e a loja, o andar térreo. Pode-se ainda assinalar, dentre outras, a existência de áreas de coesão formadas pela presença de bancos e companhias de seguros, a exemplo da grande concentração localizada nos quarteirões delimitados pelas ruas Primeiro de Março, Assembléia, Avenida Rio Branco e Avenida Presidente Vargas (Praça Pio X).

A meteorologia da paisagem nas áreas de planícies

WALTHER KOLLMORGEN E JOANNA KOLLMORGEN

RESUMO

Esse artigo introduz o termo "paisagem na meteorologia" para cobrir uma variedade de crenças associando processos atmosféricos significantes e resultados com modelos de paisagens culturalmente introduzidos. Essas crenças, que se tornaram proeminentes durante o período da descoberta, representaram um importante papel na América antiga e durante o período de colonização das planícies. Nas florestas do Leste a modificação de tempo e clima se concentrou largamente na destruição das florestas e no reflorestamento. O conceito da síndrome árvore-chuvas foi transferido também para o Oeste, onde recebeu muita atenção. Os conceitos do Ocidente, novos e largamente nativos, focalizando as formas paisagísticas das modificações do tempo e do clima, enfatizaram o lavar do solo difícil, fa-

Que significa "meteorologia da paisagem"? Walther Kollmorgen, professor de Geografia da Universidade de Kansas, introduz o termo, definindo-o como um conjunto de crenças e asserções na existência de vários níveis de relacionamentos entre certos modelos de paisagens, tempo e clima. Este artigo foi apresentado originalmente em uma conferência na Universidade de Nebraska, em 1973, pelo Professor Kollmorgen, com a colaboração de sua irmã Joanna. Transcrito com autorização dos *Annals of the Association of American Geographers*, 64: (2) jun. 74.

cilitaram as expressões elétricas através de vários meios e a estocagem da água (incluindo a irrigação) para obter umidade e esfriar o ar. *Palavras-Chaves*: Eletricidade atmosférica, Clima, Irrigação, Paisagem Meteorológica, Modificação do tempo, Chuvas, Árvores como modificadoras do tempo, Tempo.

Para o nosso conhecimento, o termo "meteorologia da paisagem" é usado aqui pela primeira vez. Nós o estamos introduzindo para cobrir aquele conjunto de crenças e asserções, agora largamente históricos, de que existem níveis variáveis de relacionamentos recíprocos e sinóticos entre certos modelos de paisagens, tempo e clima. Em um sentido positivo e deliberado, o termo também implica moldes de modificações no tempo e clima que encarecem a produtividade da região. Múltiplos

programas de modificações da paisagem foram introduzidos na área das planícies com a crença — ou a esperança — de que os problemas da umidade poderiam ser resolvidos. A maioria desses programas podem ser subordinados a um ou mais entre os seguintes: 1) cultura das árvores; 2) arada da terra; 3) expressões elétricas atmosféricas favoráveis; e 4) reserva de água ou irrigação. Esses conceitos de modificação e seus esforços serão examinados em sua origem, depois de breves descrições de noções relacionadas com as províncias e Estados do litoral leste.

A meteorologia da paisagem vem desde os primeiros anos de colonização das planícies pelos europeus. Isto foi o produto da época do Iluminismo, que coincide largamente com o que foi chamado de Era dos Descobrimentos. Durante este período, e particularmente durante os séculos XVIII e XIX, uma rica literatura foi desenvolvida, enfatizando tais influências sobre o tempo e o clima como florestas e vegetação, arada da terra e cultivo, drenagem de pântanos e alargamento de riachos, tamanho das cidades e densidade de população. Os conceitos geralmente exageravam os processos meteorológicos locais e mostravam pouca consciência dos movimentos e integrações das massas de ar regionais, continentais, oceânicas e globais. Em parte o problema era de escala tanto vertical quanto horizontal.

De um modo geral, e com o risco de simplificar os assuntos, a modificação do tempo e clima da paisagem pode ser dividida em três capítulos principais, os dois primeiros lidando com as florestas do Leste e o terceiro com os campos secos do Oeste. O primeiro movimento se tornou importante durante o período da Revolução Americana e foi enormemente voltado contra as ár-

vores e florestas. O segundo movimento apareceu logo depois e se tornou importante na última parte do século XIX, quando se pensou que a devastação das florestas tinha ido muito longe, trazendo todo o tipo de defeitos e vícios ao clima, que podiam ser corrigidos somente pelo reflorestamento parcial. Durante este mesmo período, os colonos penetraram nos campos da região das planícies e logo iniciaram todo o tipo de programas de plantio de árvores, acreditando, muitos deles, que a árvore é a responsável pela chuva. O programa de plantio das árvores foi então suplementado com outros conceitos e noções visando às mudanças climáticas e da paisagem.

ANTECEDENTES REMOTOS DAS FLORESTAS

Por causa dos vários conceitos básicos que tiveram um importante papel em todos os três movimentos para modificar o tempo e o clima, tanto no Leste quanto no Oeste, é instrutivo identificar resumidamente a primeira e maior campanha literária para corrigir os vícios do clima americano. Nossos antepassados na Europa se familiarizaram com a antiga literatura grega e romana, a dividiam com Strabus, (63? a.C. — ?24 d.C.) a crença de que "todos os países que se encontravam no mesmo paralelo (de latitude) tinham o mesmo clima, e produziam a mesma vegetação".¹ Mas o que encontraram os antigos exploradores e navegadores ao longo de nossa costa Leste? Jacques Cartier (1491-1557) e Samuel de Champlain (1567-1635) foram quase dizimados pelo frio e pelas doenças quando penetraram pelo rio São Lourenço, e os relatórios de suas experiências aterradoras espantaram os leitores

¹ *A Geografia de Strabo*, tradução literária, com notas, por H. C. Hamilton e W. Falconer (Londres); George Bell e Filhos, 1906

européus.² Nem mesmo os relatórios subsequentes, que cobriam os pontos mais para o sul — e todos os pontos mais para o sul da terra européia — foram mais animadores. Os invernos eram cada vez mais frios, os verões cada vez mais quentes, e o clima mais mutante do que qualquer um experimentado nos pontos mais ao Norte da Europa. As condições climáticas eram obviamente desalinhas em termos de latitude, e os vícios do clima na América, como muitos acreditavam, resultaram numa degeneração de homens e feras, espalharam doenças e até mesmo encurtaram a média de vida para os colonos. Esta perspectiva certamente provocou a procura de meios e caminhos para se modificar o clima e o tempo.

Georges Louis Leclerc (1707-1788), importante escritor europeu do último período colonial, conhecendo a natureza do clima americano, encontrou remédio ou cura para seus vícios.

Bastante conhecido em ambos os lados do Atlântico, como o “Conde de Buffon”, ele nos deixou seus vários volumes intitulados *História Natural, Geral e Particular*.³ Os primeiros volumes do Conde de Buffon apareceram no meio do século XVIII — todos os demais, quarenta e quatro volumes, de 1749 até 1804. Ele se dirigia principalmente para a história natural do homem e dos quadrúpedes, mas seus desvios e suas interpretações filosóficas são de grande interesse para nós, por-

que nenhum homem jamais expressou o conceito das possibilidades geográficas mais eloquentemente. Não era amigo da vida selvagem. Refletindo, em parte, os valores de seu tempo, imaginou o homem como uma criação especial, que só podia se redimir da selvageria e barbarismo redimindo a paisagem. A paisagem americana foi descrita como sendo fria e úmida, porque os nativos tinham negligenciado o cultivo da terra, a derrubada das florestas, a direção apropriada dos cursos dos rios e a drenagem dos pântanos.⁴ Por causa das extensas e extenuadas florestas achou que:⁵ o ar e a Terra, sobrecarregados de umidade e vapores nocivos, não são capazes nem de se purificarem nem de lucrarem com as influências do Sol, que lança seus raios mais eficazes sobre essa massa frígida, a qual não tem condições de recuperar seu antigo calor. Seus poderes são limitados à produção de plantas úmidas, répteis e insetos, e só pode produzir alimentos capazes de aquecer homens e animais mais fracos.

Tendo analisado os problemas da América em termos de frio e umidade, Buffon subiu até as alturas olímpicas e declarou:⁶

A Natureza não cultivada é horrenda e desfalecida. Eu sozinho posso trazê-la de volta, agradável e viva. Vamos drenar esses pântanos; vamos animar essas águas, convertendo-as em riachos e canais; ... vamos lançar fogo nesse estoque incômodo de vegetais; e nessas florestas extenuadas, que já estão meio

² *A Segunda Viagem de Cartier*, Henry S. Burrage ed., antigas viagens inglesas e francesas, principalmente as vindas de Hakluyt, 1534-1806 (Nova York: Charles Scribner's Sons, 1906), pp. 72-77; H. P. Biggar, ed., *Os Trabalhos de Samuel de Champlain*, Vol. I, 1599-1607, traduzido e editado por H. H. Longton e W. F. Ganong, sendo os textos franceses compilados por I. Horne Cameron (Toronto, The Chaplain Society, 1922), pp. 302-307.

³ Conde de Buffon. *História Natural, Geral e Particular*. A História do Homem e dos Quadrúpedes. Tradução, com notas e observações, por William Snelli (Londres: T. Codell e W. Davies, 1812).

⁴ Buffon, op. cit., nota de pé de página 3, vol. VI, p. 260.

⁵ Buffon, op. cit., nota de pé de página 3, vol. VI, p. 257.

⁶ Buffon, op. cit., nota de pé de página 3, vol. III, p. 457.

consumidas; vamos terminar o trabalho, destruindo com ferro o que não pôde ser destruído com fogo.

Esse pronunciamento mordaz dirigido às florestas virgens do Leste da América é, à primeira vista, assustador e enganador. A censura do autor foi dirigida mais às primitivas florestas contínuas do que às árvores que servem ao homem em uma paisagem de parques misturados com campos cultivados, onde o homem teve o seu próprio papel no acabamento dos trabalhos da criação. Em um estado primitivo, as árvores em excesso serviam principalmente para esfriar e umedecer o ar e perpetuar o estado nocivo da atmosfera. Paradoxalmente, a total ausência das árvores forneceu condições áridas e desérticas. Assim, numa breve referência às "areias escaldantes" da Arábia, nós reafirmamos: ⁷

Uma simples floresta, entretanto, no meio desses desertos ressecados, seria suficiente para torná-los mais temperados, para atrair as águas da atmosfera, para restaurar todos os princípios da fertilidade da terra e, é claro, para fazer os homens, nessas regiões fechadas, gozarem as delícias de um clima temperado.

Esta última asserção, vamos enfatizar aqui, escoou através do tempo e espaço,

e fez muito para guiar os últimos esforços na área das planícies do Oeste. Além disso, esta não é de toda a primeira menção da síndrome árvore-chuvas, que vem desde as florestas extensas da antiga Europa. Alguns séculos, antes do período da Revolução Americana e antes de Buffon, Cristóvão Colombo contrastou e explicou a diferença da precipitação do complexo das Ilhas Canárias, da Madeira e dos Açores com a experiência feita na parte Oeste da Jamaica, como se segue: ⁸

... nesta parte Oeste da Jamaica aguardava-se todas as noites uma tempestade que durava por volta de uma hora mais ou menos, que o Almirante atribuiu às grandes florestas que havia nessa região, pois ele sabia que isso era normal, primeiramente nas Ilhas Canárias, Madeira e Açores; no entanto, agora que as florestas foram abatidas, não há chuvas e tempestades tão grandes e frequentes como havia anteriormente.

Não há razão para acreditar que Colombo e Buffon descobriram a síndrome árvore-chuvas. Mais certo seria acreditar que eles só dividiram uma crença já difundida na Europa. Na antiga América, a falta de precipitação não era um problema sério. Maiores eram as preocupações sobre o clima não temperado, o frio dos invernos, o

⁷ Buffon, op. cit., nota de pé de página 3, Vol. II, p. 341. A atitude do autor para com as árvores e florestas reflete uma mistura curiosa de conservação e destruição. Apesar das florestas virgens, pesadas e extensas serem sempre censuradas no trabalho citado, Buffon, em trabalhos anteriores, esteve entre os pioneiros que defenderam o reflorestamento e a preservação das florestas na França; Clarence J. Glacken, "O Conde de Buffon nas Mudanças Culturais do Meio-Ambiente Físico", *Annals, Associação dos Geógrafos Americanos*, Vol. 50 (1960), pp. 1-21, particularmente pp. 10-12. Buffon oferece muito mais material que o qualifica como um dos maiores meteorologistas da paisagem. Ele reconhece que as grandes cidades formavam o que agora chamamos de ilhas quentes, e que a temperatura local de cada país, em particular, depende da proporção entre o número de homens e de animais. Buffon, op. cit., nota de pé de página 3, Vol. II, p. 339. Esta última opinião leva a uma de suas mais audaciosas asserções: "A escassez de homens na América e, conseqüentemente, a maioria deles vivendo como selvagens, é a causa principal da terra permanecer em um estado frígido, sendo incapaz de produzir o princípio ativo da natureza". Vol. VI, p. 257.

⁸ Don Ferdinand Colon, *A História da Vida e Atos do Almirante Christopher Colon, etc.* (Londres: Longman, Hurst, Orne, Brown, Paternoster-Row, 1812), p. 74.

calor excessivo dos verões, e as mudanças súbitas e frequentes nas condições climáticas. Essas expressões continentais dos elementos do clima não se adaptavam aos modelos da Europa e eram julgadas como vícios do clima que, como era esperado, podiam ser corrigidos. A procura de meios de cura foi logo recompensada, ou pelo menos pareceu ser, e clamou por uma maior programação de desmatamento e cultivo, que iria de uma só vez temperar o frio dos invernos e o calor dos verões. Essa mudança, estamos garantidos por um dos seus chefes proponentes, irá tornar possível “a produção de algodão na Pensylvania e de laranjas em Maryland”.⁹ Supôs-se que as clareiras e cultivo iriam fazer subir as temperaturas médias do inverno mais ou menos 10 graus Fahrenheit, de modo que elas iriam se adaptar mais de perto às do Norte da Europa. Sendo assim, as clareiras crescentes iriam levar a uma rápida penetração dos ventos e brisas do Atlântico e temperar o calor do verão.

Os primeiros programas de modificação do clima nos estados litorâneos do Leste foram largamente dirigidos para conseguir um alinhamento adequado dos elementos do clima na parte Oeste do Atlântico com os da Europa. Numerosos relatórios denotaram progressos em seus esforços, mas outros denotaram mudanças desagradáveis. Algumas

dessas mudanças foram observadas por Peter Kalm desde 1752. Informantes daquela região disseram-lhe que:¹⁰

O inverno vinha constantemente mais cedo do que vem atualmente Nevava muito mais constantemente do que acontece agora; mas o tempo, em geral, era mais constante e uniforme; a primavera vem mais tarde do que antigamente Era costume chover mais abundantemente do que acontece agora, ... enfim o clima não era tão inconstante como é agora.

Impressões e convicções desse tipo se tornaram mais gerais e logo se aprofundaram no século XIX, ao mesmo tempo que a fronteira americana se expandiu para o Oeste. Os americanos se tornaram mais e mais confusos e preocupados com dois dilemas climáticos: a crescente inconstância do tempo e do clima nos estados do Leste, e a precipitação limitada nos campos do Oeste. No Leste, as enchentes e a seca pareciam estar aumentando, o curso dos rios foram ditos como mais irregulares ainda, e os reservatórios dos moinhos ou desapareceram ou diminuíram em volume e força. Foi natural que esse assunto dirigisse a atenção para a rapidez da diminuição das florestas e nos desse nossos primeiros defensores do reflorestamento e preservação das florestas. Uma declaração esclarece-

⁹ Hugh Williamson, M. D., *Observações sobre o clima em diferentes partes da América, comparadas com o clima nas partes correspondentes de outros continentes* (Nova York: T. J. Swords, 1811), p. 30. O Dr. Williamson também tem a honra de ter feito a primeira grande asserção sobre a mudança de clima nas colônias pelas modificações da paisagem: “Uma tentativa de relatórios sobre a mudança de clima, que tem sido observada nas colônias médias da América do Norte”, foi lida perante a Sociedade Filosófica Americana em 17 de agosto de 1770, e publicada em *Ações da Sociedade Filosófica Americana*, Vol. I (segunda edição), corrigida, 1789, pp. 336-346. Apesar do título nada revelar, o mais interessante e detalhado material sobre a mudança do clima ou meteorologia da paisagem na antiga América é de Samuel Williams, *A História Natural e Civil de Vermont* (Walpole, New Hampshire: Isaiah Thomas and David Carlisle, Jr., 1794). O Sr. Williams foi aclamado como Professor de Matemática e História Natural em Harvard, em 1780, serviu nessas cadeiras até 1790, e foi a segunda pessoa dessa instituição que deu palestras regularmente sobre meteorologia.

¹⁰ Adolph B. Benson, ad., *As Viagens de Peter Kalm na América do Norte* (Nova York: Wilson-Erickson, 1937), Vol. I, pp. 275-276.

dora englobando esse assunto foi preparada pelo Commissariado de Patentes, em 1849:¹¹

A derrubada excessiva de madeira em algumas partes do país produziu, de certo modo, mudanças no clima e restituiu aos distritos maiores os meios para alternar as estações de chuvas e secas. No verão, quando as chuvas frequentes e moderadas são muito necessárias, o ar fica tão seco que não produz nada mais do que orvalho, durante semanas consecutivas.

Para entender os resultados autênticos da derrubada das florestas, ao drenar poços naturais e mudar os climas, e a regularidade da chuva, etc., o leitor tem como referência as obras de Humboldt, Kaentz; Forbes, Boussingault e outros meteorologistas.

Na área das planícies do Oeste a precipitação limitada, em combinação com a ausência de florestas, era o principal problema, um problema sem relação com a imagem do Grande Deserto Americano. Aqui, também, as árvores eram vistas como problemas e soluções ao mesmo tempo. A sua ausência foi vista por muitos como responsável pela precipitação limitada, e a sua introdução como uma solução para o problema. A idéia de que as árvores são as responsáveis pela chuva vem desde a colonização das planícies, assim como a crença de que as árvores e florestas servem como fortes corretivos para os excessos do clima e tempo. A solução para o problema da umidade, conseqüentemente, não exigia novas descobertas, mas simplesmente a aplicação de um remédio que parecia estar

à mão. Na região dos campos o fogo era algo de dimensão desconhecida ao programa de crescimento das árvores. Com o controle desses incêndios na fronteira, as árvores invadiram os primeiros gramados com grande rapidez. Esta experiência em direção ao Oeste do rio Missouri sugeriu a muitos que essa transformação poderia ser estendida em direção do Oeste até as Montanhas Rochosas, e até mesmo mais para adiante.

ANTIGAS CONTRIBUIÇÕES DO OESTE

A promessa de que as árvores e florestas podiam e iriam substituir muitos dos campos do Oeste foi registrada algumas décadas antes dos pioneiros colonizadores penetrarem na área. Essa promessa estava ligada à suposição e à afirmação de que as árvores trazem chuvas. Um exemplo interessante é fornecido pelos relatórios preparados pelo Maj. S. H. Long e seus ajudantes em sua expedição de Pittsburgh até as Montanhas Rochosas, em 1819 e 1820. Apesar desses relatórios terem feito muito para ressaltar a imagem do Grande Deserto Americano, eles também contêm notas sobre as transformações atuais e futuras. Em um lugar imediatamente ao Oeste de St. Louis os viajantes descobriram que as árvores substituíram os campos com o controle dos focos de incêndios. Numa reflexão sobre essa mudança, o autor acrescentou, sem exageros:¹²

As florestas atraem a chuva e impedem a evaporação; enquanto que a reverberação da superfície das vastas planícies

¹¹ Relatório do Commissariado de Patentes, Parte II, Agricultura, 31.º Congresso, 1.ª sessão, Sen. Ex. Doc. Número 15, 1849, p. 41.

¹² Maj. S. H. Long, da Engenheiros Topográficos dos Estados Unidos, "Relatório de uma Expedição de Pittsburgh às Montanhas Rochosas, Realizada nos anos 1819-1820", in Reuben Gold Thwaites, *Antigas Viagens Pelo Oeste, 1742-1846* (Cleveland: The Arthur H. Clark, Co., 1905), Vol. II, p. 167.

e desertos tende a dissipar as nuvens e vapores que passam por cima deles levados pelos ventos.

Em algum lugar mais para o oeste, na área do “Kansas” (rio), os mesmos viajantes acharam que “é provável que as florestas, futuramente, sejam cultivadas nestas vastas regiões desmatadas, que formam agora uma tão grande parte do país:”¹³

Alguns anos mais tarde, em 1830, quando Gregg iniciou seu comércio com Santa Fé, ele deu esperanças de que “as influências geniais da civilização”, que incluíam o cultivo e “bosques sombrios”, iriam temperar o clima e aumentar as chuvas.¹⁴ Gregg, alguns anos depois, foi seguido pela migração Mormom às Montanhas Rochosas, levando à irrigação e cultivo das terras perto de Gregg Salt Lake. Pouco depois da chegada dos Mormons, notou-se que o nível do lago estava subindo, um fenômeno que provocou o aparecimento de inúmeros relatórios assegurando que o clima estava mudando e se tornando mais úmido.

Em 1862 um visitante vindo da Inglaterra declarou:¹⁵

Durante os primeiros anos depois da chegada dos Santos existiam poucas chuvas ou na primavera ou no outono; em 1860 elas se estenderam até o meio de junho. A mudança pode ser atribuída ao cultivo e plantio; assim, também, pode ser explicado o provérbio dos índios norte-americanos de que os cara-pálidas trazem com eles a chu-

va. O mesmo tem sido observado em Kansas e Novo México.

Aos antigos moradores das Planícies, que nos deixaram algumas promessas de que a paisagem assim como o clima podia e seria alterado, nós podíamos também acrescentar o nome de Frederick Law Olmsted, que viajou através do Texas durante o meio do ano de 1850.

Ele descobriu que as terras marginais do oeste do Texas eram “incapazes para a colonização”, e acrescentou: “Nenhuma parte do imenso território restante, em direção ao Norte, parece possuir o menor valor.” Depois de se expandir nesses negativos aspectos da região oeste do Texas, ele nos informa que:¹⁶

Existe, entretanto, uma circunstância que pode, finalmente, levar a importantes modificações no destino dessa região. É o fato de que uma mudança vem-se manifestando, gradativamente, em suas condições meteorológicas, com um sensível e crescente aumento de umidade. Comumente no relatório mexicano, o começo dessa mudança é coincidente com a ocupação americana.

Ao elaborar essa mudança, ele notou o surgimento de novas fontes, um aumento no nível dos rios, e o descontínuo trabalho de irrigação ao norte de San Antônio porque “todos os fazendeiros que se estabeleceram nas vizinhanças confiaram suas colheitas aos céus, como os do Leste”:¹⁷ Essas mudanças estão ligadas ao crescente de-

¹³ Long. op. cit., nota de pé de página 12, Vol. I, pp. 213-214.

¹⁴ Ogden Bullock Gregg, “O Comércio de Gregg nos Prados”, Parte II in Thwaites, op. cit., nota de pé de página 12, Vol. XX, p. 257.

¹⁵ Richard F. Burton, *A Cidade dos Santos e Através das Montanhas Rochosas até a Califórnia* (Nova York: Harper e Irmãos, 1862), p. 276. Em termos britânicos, a palavra “plantação” inclui árvores plantadas.

¹⁶ Frederick Law Olmsted, *Viagem Através do Texas* (Nova York: Dix, Edwards & Co., 1857), p. 446.

¹⁷ Olmsted, op. cit., not de pé de página 16, p. 446.

envolvimento das árvores e gramados nas Planícies.¹⁸

Esses fenômenos são tidos como sendo explicados pela raridade comparativa dos incêndios desde que os americanos entraram no país. . . . Esse desenvolvimento retarda a evaporação da mesma forma que a queda súbita de chuva, de maneira que o curso dos rios é mais constante, enquanto que as águas paradas fornecem vapor para a atmosfera de verão, para existir precipitação por causas normais.

Os antigos colonizadores que conquistaram e penetraram na área das Planícies durante e depois da Guerra Civil não estavam sem esperanças e meios para enfrentar o problema da umidade. Por décadas, e até mesmo séculos, a síndrome árvore-chuvas tem sido apontada, em nossos tesouros literários, talvez de um modo mais negativo do que positivo, quer dizer, o desmatamento leva à desintegração. Tudo o que restou foi virar a moeda, reflorestar os campos mais ou menos, e o problema da umidade seria resolvido. Sendo assim, com a experiência e reflexão posterior, os métodos adicionais de modificação do clima foram acrescentados, sendo, a maioria deles, baseada na modificação da paisagem, como tema central dessas controvérsias e discussões. Consideramos, por exemplo, o papel da árvore no processo de precipitação, como foi descrito em um livro popular que apareceu em 1860:¹⁹

O oceano, os ventos e as florestas podem ser vistos como várias partes de um grande complexo. O mar é o efervescente no qual o vapor é aumentado pelo calor solar, os ventos são os tubos-guias que carregam o vapor para as florestas, onde uma temperatura mais baixa prevalece. Isto condensa naturalmente o vapor, e as chuvas são assim destiladas das massas de nuvens que flutuam na atmosfera perto das florestas abaixo delas.

AS ÁRVORES DAS ÁREAS DE PLANÍCIE

Podemos considerar o período da Guerra Civil como o final de um capítulo na História Americana transferindo a atenção do Sul para o Oeste. Foi também o período quando George P. Marsh nos deu *O Homem e a Natureza*.²⁰ "De um modo geral, o *Homem e a Natureza* se tornou a Bíblia dos provocadores de chuva do Oeste. Os capítulos, parágrafos e idéias foram apresentados e reproduzidos de todas as maneiras através de uma literatura promocional e esperançosa."²¹ Essa utilização das descobertas de Marsh não seguiu o modelo do autor, mas sim o do acidente da história. É bem claro que Marsh dirigiu os seus avisos e apelos aos madeireiros que viviam nas áreas florestais, onde eles necessitavam, pelo menos, de uma restauração parcial das terras de florestas, em parte para estabilizar ou restaurar o ritmo

¹⁸ Olmsted, op. cit., nota de pé de página 16, pp. 446-447.

¹⁹ Harland Coultas, *O que pode ser aprendido vindo de uma árvore*, segunda edição (Philadelphia: C. Sherman e Filhos, 1860), pp. 177-178. A primeira edição apareceu em 1859, e o livro foi reeditado em 1863. Foi um predecessor popular de George P. Marsh, *O Homem e a Natureza*, ou, *Geografia Física com modificações de ação humana* (Nova York: Charles Scribner, 1864). O livro de Marsh apareceu em várias reedições e deveria ser comparado com John Croumbie Brown, *Florestas e umidades, ou Efeitos das florestas na umidade do clima* (Edinburgh: Oliver e Boyd, 1877).

²⁰ Marsh, op. cit., nota de pé de página 19.

²¹ Walter M. Kollmorgen, "As experiências do madeireiro no domínio dos vaqueiros", *Annals*, Associação dos Geógrafos Americanos, Vol. 59 (1969), pp. 215-239, citação da página 219.

desejado no clima, tempo, e provisão de umidade. O seu material, coletado quase que exclusivamente das fontes européias, deu mais exemplos de aridez, seguindo o desmatamento, do que de chuvas provocados pelo reflorestamento, mas esta moeda só necessitava de uma simples virada, e então o foi por aqueles que se interessavam pelo problema das Planícies.

Marsh não originou novas idéias ao relacionar as árvores à provisão de umidade, mas organizou-as juntamente com observações colecionadas aqui e no exterior. Essas fontes, normalmente, reúnem vários ou uma combinação de fatores que relacionam as árvores à provisão de umidade. Esses fatores incluíram o enriquecimento do ar com umidade pela transpiração ou evaporação, sombreando o chão e mantendo a temperatura da superfície fria, diminuindo a evaporação através de sombras e velocidade reduzida do vento, acumulando uma camada umífera que servia como esponja para umidade, controlando as enxurradas, transferindo, gradativamente, a umidade da camada umífera para o solo seco e conseqüente suprimento de água no solo, estabilidade relativa dos rios e lagos alimentados por numerosas fontes. Foram notadas a ausência de ar convexo, o tralho das frentes frias e quentes nas temperaturas ciclônicas, e o movimento das massas de ar quentes e frias.

Também omitido o fato de que o ar frio proveniente das sombras poderia ser mais pesado do que o ar morno e úmido e, assim, produzindo menor quantidade de umidade.

A literatura desenvolvendo esses temas se tornou tão onipresente e maciça du-

rante a última metade do século XIX que é impossível reconhecer mais do que uma pequena porção dela. Ela apareceu nos jornais desde a circulação local até a nacional, de todas as maneiras, em revistas literárias e profissionais, em material promocional colocado por ferrovias do oeste e promotores de terras, e em publicações governamentais patrocinadas pelos estados e o governo federal. Somente alguns tipos de fontes serão mencionados aqui.

Em Kansas e Nebraska tanto os relatórios anuais ou bianuais das Sociedades Horticólicas do Estado quanto as Companhias de Agricultura do Estado fornecem uma grande quantidade de material pertinente a mais ou menos 1900, particularmente à grande seca de 1890. Em Kansas as Transações da Academia de Ciências de Kansas acrescentaram mais material. O expoente mais conhecido de chuvas crescentes em Kansas foi Frank H. Snow, durante muito tempo professor da Universidade de Kansas, e também observador em Lawrence, Kansas, e Chanceler da Universidade de Nebraska e botânico XIX.²²

Na Universidade de Nebraska uma tríade de professores alimentava a promessa, encarando mesmo como fato consumado, que as chuvas de Nebraska aumentavam de acordo com as transformações da paisagem pelos colonizadores. Mais conhecido durante os primeiros dias da Universidade foi Samuel Aughey, que defendeu a aração da terra, mais do que a árvore, como um fator modificador do clima e do tempo.²³ Menos conhecido nos primeiros dias, mas amplamente lembrado mais tarde, foi Charles E. Bessey, um

²² F. H. Snow, "O Clima de Kansas", *Transações*, Companhia de Agricultura do Estado de Kansas (1873), pp. 397-407; idem "As Chuvas em Kansas Estão Aumentando?" *Transações*, Academia de Ciências de Kansas, Vol. 9 (1883-1884), pp. 101-103; e idem, "Mudanças no Clima de Kansas", *Transações*, Academia de Ciências de Kansas, Vol. 20, Parte II (1960), pp. 288-291.

²³ Samuel Aughey, *Perfis da Geografia Física e Geologia de Nebraska* (Omaha: Daily Republican Book e Job Office, 1880).

antigo deão do colégio Industrial da Universidade de Nebraska e botânica da Sociedade Agrícola do Estado (um importante edifício naquele campus ainda possui o seu nome.) O deão Bessey confortava os assistentes de uma reunião da Companhia de Agricultura, em 1886, dessa maneira: ²⁴

Essas planícies eram cobertas por florestas desde as Montanhas Rochosas até o rio Missouri; com qualquer outra condição imutável, o tão falado ressecamento do ar não iria mais existir. As planícies são secas porque elas são sem árvores, porque o ar do verão varre a superfície do solo quente pelos infundáveis raios solares. Se sombreamos o solo com os crescentes galhos das árvores das florestas e pomares, com a folhagem das gramas e grãos altos, com a vegetação luxuriante do milho índio, os ventos do verão não mais irão passar nessas planícies com o feroz e seco calor do sirocco. Este é um modo pelo qual o clima de Nebraska está sendo mudado — que está sendo vagarosamente mudado é certo, mas ainda de maneira verdadeira.

...Entretanto eu não posso deixar de me referir rapidamente ao fato de que uma mudança está acontecendo em nosso clima de inverno também e é de acordo com causas similares. Originalmente os ventos do inverno varriam essas planícies sem nada para os deter ou desviar. Aqui era o lar das nevascas. Aqui o vento gélido, cheio de flocos de neve, varria a face congelada da terra. A neve cortava o ar horizontalmente e dirigia-se milha após milha na

planície. Mas agora em cada grupo de árvores os flocos de neve caem tão gentilmente no chão como eles costumavam fazer nos morros cobertos de florestas da Nova Inglaterra. Enquanto que a tempestade de neve barulhenta ainda cai sobre a planície aberta tão ferozmente quanto antes, o seu poder foi quebrado em qualquer lugar onde o colono providente tenha plantado um grupo de árvores. Quando esse estado tiver árvores bastante para cobrir toda a sua superfície, o vento frio da nevasca não será mais conhecido.

Foi por causa da cooperação entre o Professor Bessey e B. E. Fernow, Chefe da Divisão Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, que várias florestas federais foram estabelecidas em Nebraska no fim do século: ²⁵

O terceiro e o menos lembrado da tríade de professores de Nebraska identificados com o conceito das chuvas crescentes nas Planícies foi o Professor Harvey Culbertson, que se tornou Superintendente do Colégio Fazenda do Estado em 1875. O Professor Culbertson ensinou e pregou a síndrome árvores-chuvas, e até mesmo acrescentou um bônus extra aos plantadores de árvores ao assegurar-lhes que “as florestas têm uma influência nas tempestades de granizo... elas às vezes são convertidas em chuva, quando sobre a floresta, e granizo novamente quando fora dela. Mas sempre irão se transformar ou dividir quando chegarem a uma grande floresta”. ²⁶

²⁴ Relatório Anual da Companhia Estadual de Agricultura, 1886 (Lincoln: Jornal da Companhia Impressora do Estado de Nebraska, 1887), pp. 204-237, citações da pp. 204-209.

²⁵ John Clark Hunt, “A Floresta que o Homem Construiu”, nova edição, não-numerada de Florestas Americanas, Novembro e Dezembro, 1965.

²⁶ Harvey Culbertson, “Meteorologia”, Relatório Anual da Sociedade Horticulural do Estado de Nebraska, 1885 (Lincoln: Jornal da Companhia Estadual 1887, pp. 29-44, citação da p. 41.

Outra triade de Nebraska nos fornece lembranças pelos seus esforços sobre a modificação do clima: C. D. Wilber, Phineas W. Hitchcock, e J. Sterling Morton. Certamente o mais imaginativo dos três foi C. D. Wilber, que escreveu *Os Grandes Vales e Campinas de Nebraska e do Noroeste*.²⁷ Com Samuel ele preparou *A Agricultura sob o Meridiano 100*.²⁸ Em ambas as publicações o conceito do Grande Deserto Americano está demolido, os vaqueiros são acusados de desonestidade e roubo, e a promessa está mantida de que o estabelecimento, cultivo e plantio de árvores irão consertar quase que todos os problemas de deficiência da umidade. O segundo dessa triade, o Senador Phineas W. Hitchcock, introduziu uma lei no Congresso que a 3 de março de 1873 se tornou o primeiro Ato do Cultivo da Madeira. Ao defender a lei no Congresso ele disse: "O objetivo dessa lei é encorajar o crescimento da madeira, não somente pelo benefício do solo, nem tampouco pelo vapor da própria madeira, mas por causa de sua influência sobre o clima."²⁹

J. Sterling Morton foi o primeiro fazendeiro de Nebraska que se tornou Secretário de Agricultura em Washington e também serviu como Presidente da Associação Florestal Americana. Mr. Morton fundou o Dia do Caramanchão, e propôs com sucesso o seu estabelecimento em Lincoln, Nebraska, em janeiro de 1872. Esse dia é hoje lembrado em todos os estados e vários países estrangeiros. Falando na Universidade de Nebraska a 22 de Abril de 1887, ele avaliou o dia e a sua promessa, em parte, como se segue:³⁰

As outras datas permanecem voltadas contra o futuro, penetrando e trabalhando no passado; mas o Dia do Caramanchão se volta para o futuro com afetada solicitude, visando, como um artista, a sua tela e gravações, para as campinas e planícies, bosques gigantescos e florestas de folhas balouçantes, que irão tornar-se, posteriormente, figuras vivas e consumadas.

A essas duas triades deveria ser acrescentada uma terceira ao nível nacional: Franklin B. Hough, N. H. Egleston, e B. E. Fernow. Esses homens firmemente identificaram o governo federal com o problema das florestas, apoiando os seus argumentos com uma série de razões, incluindo a síndrome árvores-chuvas. Eles produziram uma grande quantidade de material literário, tanto privado quanto público, ao argumentar a questão das florestas. Parte desse material está nos relatórios anuais da Divisão Florestal, incluído nos relatórios anuais do Comissariado de Agricultura. Até mesmo antes da Divisão Florestal ser estabelecida em 1881, Franklin B. Hough preparou o seu trabalho de fundo com a assistência da Associação Americana pelo Avanço da Ciência. Apesar de ser treinado como Físico, ele gostava de estatística e coleta de dados, e era interessado na preservação e expansão das florestas. O seu interesse por estatísticas serviu para o recenseamento, primeiramente em Nova York e mais tarde como Superintendente do Censo dos Estados Unidos, em 1870. Em 1873 ele apresentou um artigo para a Associação Americana pelo Avanço da Ciência, que impeliu essa associação a preparar um "memo-

²⁷ C. D. Wilber, *Os Grandes Vales e Campinas de Nebraska e do Noroeste* (Omaha: Daily Republican Print, 1881).

²⁸ C. D. Wilber e Samuel Aughey, *A Agricultura sob o Meridiano 100, ou Relatório da Comissão de Terras Públicas dos Estados Unidos* (Lincoln: Jornal da Companhia, 1880).

²⁹ *O Globo Congressista*, 42.º Congresso, segunda sessão (1872) Vol. 104, pp. 4463-4464.

³⁰ J. Sterling Morton, "O Dia do Caramanchão: Sua Origem e Desenvolvimento", in N. H. Egleston, *O Dia do Caramanchão: Sua História e Observações*, Relatório n.º 56 (Washington: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 1896), pp. 22-27, citação — p. 22.

rial" para o Congresso.³¹ Esse "memorial" lembrou ao Congresso não somente as perdas econômicas do desmatamento excessivo mas também que "há questões de clima que parecem ter uma relação próxima à presença ou ausência de florestas e sombra".³²

Apesar do memorial ter sido apresentado ao Congresso em 1874, ele não atuou favoravelmente até 1876. Hough foi imediatamente solicitado para tomar conta das provisões do memorial, mas com fundos limitados — dois mil dólares — e quase nenhuma ajuda.

Em dois anos preparou um relatório maciço que cobriria 1100 páginas impressas; por razões de economia foi reduzido, pelo Comitê de Imprensa, a 650 páginas, cem das quais foram dedicadas às "Conexões entre Florestas e Climas". Esse mesmo tópico tornou-se quase que um modelo-padrão na literatura da Divisão de Florestamento, criada pouco tempo depois.

O trabalho de Hough³³ com a Divisão Florestal veio a ter um fim no começo de 1800, e com desapontamentos. Ele nunca recebeu o dinheiro e os homens para continuar em seu trabalho básico de investigação, como era comum na Europa. Por causa da falta de ajuda e meios, também teve de desapontar seu

amigo, o Professor Evert Ebermeyer, da Escola Florestal de Aschaffenberg, Bavária, e dedicou-se a um estudo científico em 1868, das relações entre as florestas e a frequência de chuvas através do estabelecimento de estações de observação em várias regiões da Europa, e... já fez parte da lista de ajuda à Hough, ao estabelecer tais estações nos Estados Unidos, de forma que o mais controvertido argumento a favor da preservação das florestas pudesse ser concretizado por dados adequados."³⁴

Em 1883 Dr. Hough foi colocado como chefe da nova Divisão Florestal, aparentemente por causas políticas, e teve como sucessor N. H. Egleston, que serviu nesse lugar até 1886. Egleston foi um dedicado, embora não muito conhecido, servidor público, e seus relatórios anuais para a Divisão estão ligados às relações florestas-clima. Ele também patrocinou uma série de relatórios especiais, expandindo o mesmo tema, e publicou seus próprios artigos sobre florestas.³⁵

Em 1886 a Divisão Florestal recebeu o seu chefe mais dinâmico, imaginativo e produtivo, na pessoa de Bernhard Edward Fernow, treinado como guarda florestal em sua Prússia nativa e empregado como guarda florestal nessa terra durante algum tempo. Veio para

³¹ Franklin B. Hough, "No Dever do Governo sobre a Preservação das Florestas"; *Deliberações da Associação Americana pelo Avanço da Ciência, Agosto de 1873* (Salem: publicada pela Secretaria Permanente, 1874), pp. 1-10.

³² Para uma cópia desse "memorial" veja B. F. Fernow, *Relatório sobre as Investigações Florestais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos*, 55.º Congresso, 3.ª sessão, House Doc. 181, 1899, Vol. 71, pp. 37-38.

³³ F. B. Hough, et alii: *Relatório Florestal*, Vol. I (Washington: Escritório da Imprensa Governamental, 1878). Hough e outros prepararam mais 3 longos relatórios, publicados em 1880, 1882 e 1884. Nesse meio tempo ele também preparou o que parece ser um dos primeiros textos publicados na América sobre florestas, *Os Elementos das Florestas* (Cincinnati: Robert Clark Co., 1882).

³⁴ Edna L. Jacobsen, "Franklin B. Hough, Um Pioneiro nas Ciências Florestais na América", *A História de Nova York* (1934), Vol. 15, pp. 311-325, citação da nota de pé de página 18, p. 320.

³⁵ As suas opiniões estão bem exemplificadas em N. H. Egleston, "O Valor de Nossas Florestas", *Ciência Popular Mensal*, Vol. 19 (junho 1881), pp. 176-186, que está no mesmo molde do material de Marsh.

a América em 1876 e ficou apavorado com a falta geral de interesse pelas florestas e sua preservação. Começou a fazer publicidade sobre o assunto, e também administrou algumas áreas florestais privadas. Foi o grande responsável pela organização do Congresso Florestal Americano (mais tarde Associação Florestal Americana) em 1882. Depois de alguns anos, o destino o levou a Washington, onde serviu até 1898. Nenhum homem deixou maior impressão no movimento florestal nesse país, ou fez mais círculos universitários para promover o florestamento como uma disciplina científica. Depois de deixar o seu posto em Washington, ele organizou o primeiro colégio-escola de florestamento na Universidade Cornell, e lecionou a matéria em Yale e no Colégio Estadual de Pennsylvania. Em 1907 organizou e administrou o departamento de florestamento na Universidade de Toronto. Publicou vários livros sobre o assunto, contribuiu e editou mais ou menos 50 boletins e circulares governamentais, publicou por volta de 200 artigos privados, e serviu como editor do *Jornal de Florestamento* por um período de anos.³⁶

Fernow promoveu a causa do florestamento por várias razões, incluindo o efeito das árvores sobre o tempo e o clima. Durante o século XVIII, quando esse relacionamento veio sob crescentes agressões por mais e mais céticos e críticos; a maioria deles estava examinando as recordações sobre o clima acumuladas e não encontrou tais relacionamentos, e Fernow se tornou mais e mais falante na defesa do conceito. Como chefe da Divisão de Florestamento do Departamento de Agricultura, os seus

relatórios anuais não somente afirmaram e reafirmaram a doutrina a longo prazo mas também responderam às objeções feitas pelos críticos. Particularmente instrutiva é uma mensagem entregue pelo Sr. Fernow à Companhia de Agricultura dos Estados Unidos, sessão Nebraska, em janeiro de 1891, no momento em que a grande seca do século XVIII e começo do XIX estava mostrando as suas forças destrutivas sobre áreas cada vez maiores. Fernow tornou clara a sua convicção de que as árvores não tinham falhado com os homens da fronteira, mas que os homens da fronteira tinham falhado com as árvores, ao deixarem de plantá-las em número suficiente. Consequentemente, na analogia militar, ele avisou que:³⁷

... o ataque deve ser por toda a linha e perto da frente de batalha, pois a simples escaramuça, a menos que encontre uma posição escondida, está destinada ao fim. Onde uma árvore deveria perecer, uma floresta deve persistir. É um fato notável que a floresta até certo ponto cria as suas próprias condições de existência. Existe muita verdade na expressão do poeta que fala das "areias áridas na África, onde nada cresce por que não chove e onde nenhuma chuva cai, por que não há nada para crescer". Só que nós não precisamos de contar somente com a chuva, mas precisamos ter em mente a interdependência da vegetação e condições gerais de umidade.

Apesar das primeiras asserções de Fernow admitirem o conceito de que as florestas aumentam e regulam a precipitação, suas últimas declarações são, de algum modo, mais cautelosas e dão

³⁶ *Dicionário da Biografia Americana* (Nova York: Charles Scribner, Filhos, 1943), Vol. 6, pp. 336-337; para maiores detalhes veja Andrew Denny Rogers, III, *Bernhard Edward Fernow: A História das Florestas Norte-Americanas* (Princeton: Imprensa da Universidade de Princeton, 1951).

³⁷ B. E. Fernow, "O Plantio de Florestas nas Planícies", *Relatório Anual*, Secretaria de Agricultura do Estado de Nebraska, 1890 (Lincoln: Jornal da Companhia Estadual, 1891), pp. 139-150, citação da p. 140.

maior ênfase à conservação da umidade resultante da evaporação reduzida sob a cobertura das árvores. Ele enfatizou esse último ponto:³⁸

Para uma grande parte dessa área, agora quase sem árvores, as condições de umidade não irão ser necessariamente um obstáculo ao crescimento das árvores. Nós sabemos, por experiência anterior, que um solo nu perde, por evaporação, mais de 6 vezes a quantidade de umidade que perderia sob a sombra de uma floresta. Portanto, se nós estabelecermos uma cobertura de florestas apropriada, isto é, sombreando efetivamente o solo, seja pela folhagem das árvores, seja pela desordem de folhas mortas caídas, e um obstáculo para o passar do vento, a quantidade de água disponível para o crescimento das árvores aumenta em proporção. . . . O que nós nunca podemos deixar de nos preocupar é com o fato de que a evaporação é o grande dissipador de umidade, e de que o crescimento de uma floresta densa e frondosa reduz essa evaporação.

O artigo de Fernow cobriu dois outros itens de especial interesse que não encontramos em suas outras publicações. Um lidava com uma grande plantadora mecânica de árvores puxada por 5 cavalos, e o outro é o estabelecimento de sua filosofia básica sobre a continuação do plantio. Para tornar possíveis os vastos plantios de árvores que ele recomendou, encorajou a audiência da seguinte forma:³⁹

. . . eu ofereço a vocês, . . . sem nenhum pagamento de volta, o uso de uma patente que eu possuo, em parte, e que não seria de pouco valor para o plantio de florestas em uma escala prá-

tica e grande. Ela é uma máquina de plantio de árvores, capaz de preparar o solo e plantar em um só movimento 20.000 árvores por dia, invenção de um de nossos próprios concidadãos, testada e tida como eficiente em nosso próprio Estado, em Stratton. Eu forneci o dinheiro para a obtenção das patentes por um meio-interesse na invenção. Até onde esse interesse for, estou pensando em deixá-lo até para o Estado de Nebraska, se a sua Companhia formular e o Estado estabelecer um plano de plantio de florestas para a melhoria do clima como um trabalho público de aproveitamento interno.

Na sua filosofia básica — que Fernow revelou em seu artigo de Lincoln — nós pegamos pelo menos um pouco de uma ideologia, senão fé, que deve tê-lo sustentado e motivado em sua longa carreira para o bem das florestas. Nela ele revela um modelo interessante de continuação de vegetação:⁴⁰

Toda a terra é uma floresta em potencial. Isto quer dizer, se a interferência de vida animal e do homem fosse excluída da luta pela existência entre as diferentes formas de vida vegetal, onde quer que tivesse profundidade suficiente para que as suas raízes existissem, e o frio do inverno não as atrapalhasse, o crescimento das árvores iria prevalecer, contando com o caráter perene do tipo da vida vegetal e o seu poder de sombrear a vegetação mais baixa. Em uma grande parte do mundo essa vitória é vista como para ser conseguida em poucos anos ou pelo menos em uma geração. Em outras partes pode demorar eras e eras geográficas para estabelecer-se o crescimento arbóreo contra o crescimento da baixa vegetação e contra as condições climá-

³⁸ Fernow, op. cit., nota de pé de página 37. pp. 140-141.

³⁹ Fernow, op. cit., nota de pé de página 37, pp. 148-149; 3 ilustrações da máquina aparecem nessas páginas.

⁴⁰ Fernow, op. cit., nota de pé de página 37, p. 140.

máticas desfavoráveis. Essas últimas partes devem ser principalmente os interiores dos grandes continentes e aquelas localidades que, por razões cósmicas e geográficas, têm um clima desfavorável para a vegetação em geral. Essa desfavorabilidade, como em regra, é principalmente encontrada nas condições de umidade, não necessariamente nas chuvas deficientes, mas em um equilíbrio desfavorável entre os elementos de conservação da umidade. Em tais localidades o progresso do crescimento das florestas contando com a supremacia, deve ser um avanço gradual desde a terra litorânea mais favorecida, mas a expansão dessa área, apesar de vagarosa, é tão certa quanto a das localidades mais favorecidas, onde ela acontece rapidamente.

A prolongada seca na área das Planícies no começo de 1890 reduziu o número de defensores da síndrome árvores-chuvas, mas não os eliminou. Um novo advogado e guia emergiu da profissão de guarda florestal, dessa vez na pessoa de Raphael Zon. Em 1912 ele relatou que "o excesso de precipitação sobre as áreas florestais (de forma contrária aos campos abertos) varia de uma fração de 1 a 25%".⁴¹ Um ano

antes ele tinha informado à Sociedade dos Guardas-Florestais Americanos do relacionamento entre as florestas da Planície do Atlântico e a umidade do interior.⁴² No meio dos anos vinte publicou um artigo intitulado "Como as Florestas Alimentam as Nuvens".⁴³ Pelos anos trinta a sua localização e influência eram tais que ele persuadiu Franklin D. Roosevelt a propor um programa de um cinturão de segurança para as Planícies.⁴⁴

A maior, mais séria e última tentativa nesse país de testar o relacionamento entre o florestamento e as chuvas foi feito por outro guarda-florestal na Bacia do Cobre, no Tennessee, no fim dos anos trinta.⁴⁵ Nessa área os vapores de um fundidor de cobre criaram uma ilha central nua de, aproximadamente 7.000 acres, cercada por uma margem de grama de mais ou menos 17.000 acres que, por sua vez, era cercada por florestas. O relatório cobriu os dados sobre a temperatura do ar, velocidade do vento, evaporação e chuvas. Muito cuidado teve de ser tomado ao se estabelecer locais para os instrumentos. Apesar de alguns resultados terem sido ambíguos, as descobertas sobre a chuva foram positivas:⁴⁶

⁴¹ Raphael Zon, *Florestas e Água sob a Luz da Investigação Científica* (Washington: Comissão Nacional de Águas, 1912, republicado em 1927 com bibliografia revisada), p. 9. O relatório original de Zon de 1912 deve ser comparado também com o *Relatório sobre a Influência das Florestas sobre o Clima e as Chuvas*, preparado por Willis L. Moore, chefe do Escritório Meteorológico dos Estados Unidos para o Comitê de Agricultura, Câmara dos Deputados, 1910, e com George F. Swain, "A Influência das Florestas sobre as Chuvas e sobre o Curso dos Rios", *Jornal Meteorológico Americano*, Vol. 5 (1888), pp. 293-306 e 354-362.

⁴² Raphael Zon, "A Relação das Florestas na Planície do Atlântico com a umidade dos Estados Centrais e Região das Campinas", *Deliberações da Sociedade dos Guardas-florestais Americanos*, Vol. 8 (julho de 1913), pp. 139-153.

⁴³ Raphael Zon, "Como as Florestas Alimentam as Nuvens", em Otis W. Caldwell e Edwin E. Slosson, editores, *A Ciência Reconstruindo o Mundo* (Garden City, Nova York: Doubleday, 1924), pp. 212-222.

⁴⁴ Kollmorgen, op. cit., nota de pé de página 21, pp. 228-229.

⁴⁵ C. F. Hursh, *O Clima Local da Bacia do Cobre no Tennessee Modificado pela Remoção da Vegetação*, Circular n.º 774 (Washington: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 1942).

⁴⁶ Hursh, op. cit., nota de pé de página 45, pp. 30-31. Esses resultados se aproximam dos compilados por Brooks, que concluiu que as florestas aumentam as chuvas de 5 a 10%: C.E.P. Brooks, "A Influência das Florestas sobre as Chuvas", *Jornal Trimestral da Sociedade Meteorológica Real*, Vol. 54 (1928), pp. 1-18.

As estações florestais sempre registraram as maiores chuvas, com exceção de setembro e outubro, quando a zona de grama excede ligeiramente a de floresta. A área gramada teve mais chuva do que a área nua, em todos os meses do ano.

O relatório estava mandando notícias para muitos, particularmente guardas-florestais, mas deixou claro que os resultados podem ter sido distorcidos por causa da "possibilidade de que os redemoinhos verticais nessas clareiras (na floresta) traziam mais chuvas do que seria de outra forma ali depositada, como é o caso com a neve".

Os críticos mediram imediatamente este e os outros problemas ressaltados para precisar a medição da precipitação, e para o nosso conhecimento a controvérsia não foi resolvida. Por exemplo, uma considerável clareira está a caminho agora, na Bacia Amazônica, e clareiras mais extensas estão prometidas. Relatando essa mudança, e a atual construção da Rodovia Transamazônica, um repórter notou que "ainda outro fato desconhecido, levantado pela Transamazônica, é o seu efeito sobre o clima do mundo, se toda a floresta de chuvas for derrubada". Ao menos alguns de nós estamos também ligados ao que estas vastas clareiras irão significar em termos de temperaturas locais, enxurradas, condições do solo, e a natureza da precipitação.

A ARADA DA TERRA COMO MODIFICADORA DO CLIMA

Apesar das árvores terem tido os advogados mais antigos, mais dedicados, mais famosos e mais persistentes, para que elas fossem um fator do clima e do tempo, outras mudanças e usos da paisagem foram também relacionados à modificação do clima. Mesmo durante o período inicial, quando o desmatamento foi aprovado como uma medida para temperar o clima, menções fre-

qüentes foram também feitas sobre a importância do cultivo. O cultivo, é claro, implicava no desmatamento, mas também o aquecimento do solo e a evaporação da umidade excessiva. A arada do solo, por outro lado, não era enaltecida como um meio de crescente umidade, até que os colonos alcançaram a relva compacta das margens mais secas das planícies. O fato de que a arada da terra servia como modificadora do clima e do tempo pode, conseqüentemente, ser classificado como uma descoberta americana ou mais particularmente do Oeste. É verdade que a relva das campinas ao leste do rio Missouri também desafiou as primeiras aradas da terra do leste e trouxe à frente os cerrados, mas ele não gerou nenhuma teoria climática em particular.

Os comentários sobre a firmeza das pradarias e gramados multiplicaram-se com o movimento dos colonizadores para o Oeste. A culpa foi então colocada nos búfalos, por amassar a superfície, no incêndio das pradarias ardentes, nos entrelaçamentos das raízes e na superfície de grama rala. Separadamente, e em conjunto, essas condições renderam, e então foi ele aclamado como um solo impenetrável, um pouco encharcado, com rápido escoamento, secagem de fontes e rios que por longos períodos pouco tiveram para contribuir. Não tinha sido há muito tempo antes que a implicação climática dessas condições tinha se tornado clara.

Schoolcroft, que tanto fez para instruir os seus contemporâneos da região interior do norte e os índios, é citado na resistência da região das relvas das campinas, em um relatório feito por Lieutenant G. K. Warren, em 1857. Ele declarou que a relva é "mais permanente em suas qualidades do que até mesmo as terras rochosas mais firmes e rochas de cal viva do Oeste, a última delas sendo conhecida como fácil de pulverizar-se e desfazer-se sob as

influências combinadas da chuva, frio e outros fenômenos atmosféricos do clima".⁴⁷

O relatório de Warren falou por si muito bem sobre as relvas das campinas, mas reconheceu:⁴⁸

A grande dificuldade é a resistência da camada vegetal pela qual ela é coberta. Por séculos, os longos e fortes fios das grammas e raízes têm sido tecidos para adiante, até que no fim eles se tornem uma fábrica, pois a sua tenacidade não tem rival ... Durante séculos, incêndios têm irrompido periodicamente sobre a região inteira, forçando a vegetação, numa autodefesa, a entregar-se a um trabalho no subsolo, onde o seu inimigo não a poderia alcançar, construindo-se, ou se tornando compacta, em células, dois ou três andares de profundidade.

40

Outros autores imaginativos logo forneceram uma rica coleção de expressões sobre a relva das campinas. Algumas são análogas a 1) uma cobertura de "asfalto", 2) "uma superfície tão impermeável para a água como a roupa de cow-boy", 3) "compacta como uma rocha", e 4) "uma superfície parecida com um tijolo", "um telhado de uma casa", "um vasto abrigo para água com telhado".⁴⁹

A noção de que a arada da terra podia e iria redimir o Oeste árido foi mencionada pelos primeiros viajantes e colonizadores, mas geralmente de uma forma tão casual ou geral que ela falhava ao sugerir um processo mais signifiicante. Mais explícito foi um trato promocional em Kansas que apareceu em 1871:⁵⁰

Mas com a colonização da região, cada pedaço de terra cultivado se torna um reservatório, uma cisterna, onde é coletada e retida, por um tempo considerável, a maior parte da água que cai sobre a sua superfície e afunda no solo macio. Uma porção dessa chuva gradualmente encontra o seu caminho para a superfície em lugares mais baixos, causando a aparição de regatos, onde antigamente não havia sinal de água, enquanto que outra porção das chuvas coletada na terra de relvas evapora do campo. Assim a atmosfera é levada a um nível, com umidade, e uma edição muito pequena nesse assunto é sempre suficiente para produzir a chuva.

Esta proposição simples e compreensível trouxe esperanças para muitas mentes, e produziu uma literatura considerável sobre o tópico específico ou geral de "As Chuvas Seguem a Arada da Terra".⁵¹

47 "Exploração da Região entre os Rios Mississippi e Platte, etc., em uma Pesquisa Topográfica, por Lieut. G. K. Warren" (Washington: 1857). *Revista Norte-Americana*, Vol. 87 (1858), pp. 66-94, citação da p. 88.

48 Warren, op. cit., nota de pé de página 50, p. 87.

49 Essas expressões são encontradas, na ordem indicada, em H. R. Hilton, "Efeitos da Civilização no Clima e Previsões de Chuvas em Kansas", *Diário da Capital de Topeka*, 8 de Abril de 1880 e 9 de Abril de 1880; Frank H. Spearman, "O Grande Deserto Americano", *Harpers' New Monthly Magazine*, Vol. 77 (1888), pp. 232-245; "Chuvas nas Planícies", *A Nação*, Vol. 45 (1.º de dezembro de 1887), p. 438; e "As Chuvas das Planícies", *A Nação*, Vol. 45 (24 de novembro de 1887), p. 417.

50 C. C. Hutchinson, *Recursos de Kansas* (Topeka: sem editora, 1871), pp. 38-39.

51 Esta frase foi realmente coletada por Charles Dana Wilber, um amigo e colaborador de Samuel Aughey da Universidade de Nebraska, Wilber, op. cit., nota de pé de página 27, p. 69. Veja também Henry Nash Smith, "As Chuvas Seguem a Aragem da Terra"; *A Noção das Chuvas Crescentes nas Grandes Planícies, 1844-1880*, *Trimestral da Biblioteca de Huntington*, Vol. 10 (1947), pp. 169-193; e Charles Robert Kutzleb, "As Chuvas Seguem a Aragem da Terra: A História de uma Idéia", Tese Doutoral não publicada, Universidade do Colorado, 1968. Os trabalhos de Smith, e Kutzleb são mais amplos em alcance do que o termo "aragem da terra" sugere.

Um artigo bem grande sobre as vantagens, H. R. Hilton: ⁵²

em Kansas, em 1880, por um de nossos importantes especialistas em agricultura, H. R. Hilton: ⁵³

Dos velhos colonizadores que se localizaram aqui (na área de Topeka), vinte e cinco anos atrás, nós aprendemos que, de acordo com a cobertura escassa de vegetação, a relva das campinas era dura, queimada pelo sol, árida e seca; que ela era quase que impermeável à chuva e a escondia como se todo o solo estivesse coberto com asfalto; que os incêndios freqüentes das campinas aumentaram o processo de queima pelo sol, ...

Em outra ocasião ele explicou acrescentando: ⁵³

O clima árido das planícies vem mais da passagem de vários pés do que de qualquer outra simples. Se removermos inteiramente os rebanhos e acabarmos com os incêndios das campinas, o clima das planícies será modificado.

Hilton, entretanto, foi mais gregário em sua aceitação das teorias da chuva do que alguns, e assegurou que: ⁵⁴

As árvores, grandes colheitas, altas gramíneas, poços de água — todos têm suas influências ao modificarem o clima em nossa latitude, porque eles ajudam na conservação da umidade; no entanto, maior do que todos esses é um aumento de três ou quatro polegadas na água da chuva utilizada. E esse aumento deve vir através de uma arada profunda da terra, ou melhor, arada do subsolo, da terra sob a área cultivada, a substituição dos grandes rebanhos da área dos

campos, por pequenos rebanhos em pequenos postos.

Ele assegurou também que os primeiros colonos encontraram somente grama de búfalo na região de Topeka, mas foi invadida, rapidamente, com o auxílio dos colonos, pelas altas gramíneas das campinas, logo após a retirada dos búfalos e a diminuição dos incêndios. Apresentou ainda certas teorias engenhosas sobre as mudanças elétricas em Kansas e na zona das planícies, que influíram em mudanças da vegetação e umidade.

Em um contexto histórico, foi o professor Samuel Aughey uma das mais importantes figuras dentro e fora do campus da Universidade de Nebraska, que deu prestígio à idéia de que as chuvas se seguem à arada da terra. Ele relata que “a única verdadeira explicação desse fenômeno” apareceu para ele desde 1867, e que testou imediatamente sua teoria ao pesar amostras de relvas virgens adjacentes a campos cultivados depois de um período de chuvas. Isso foi seguido pela seca-gem das amostras. Ele repetiu a experiência várias vezes e concluiu: “O significado, entretanto, de cinquenta dessas experiências dá um poder absorvente médio do solo cultivado sobre as campinas inquebrantáveis, de 9 para 1”. Portanto, a sua descoberta largamente citada: “Foi o grande aumento no poder absorvente do solo, feito pelo cultivo, que causou e continua a causar uma crescente quantidade de chuva no Estado”. ⁵⁵ Aughey admitiu que as árvores são “uma causa auxiliar”, mas clamou que as crescentes chuvas são mais aproximadas à aplicação da arada da terra.

⁵² Hilton, op. cit., nota de pé de página 52.

⁵³ H. R. Hilton, “Economia da Umidade”, Sexto Relatório Bienal da Companhia de Agricultura do Estado de Nebraska, 1887-1888, pp. 117-125, citação da p. 14.

⁵⁴ Hilton, op. cit., nota de pé de página 56, p. 124-125.

⁵⁵ Aughey, op. cit., nota de pé de página 23, pp. 44-45.

A meteorologia da paisagem da área das planícies nunca alcançou maiores alturas, suportes mais fervorosos, ou maior exuberância em expressão do que nos trabalhos de C. D. Wilber, amigo e admirador do professor Aughey. O capítulo cinco do seu trabalho *Os Grandes Vales e Campinas de Nebraska e do Noroeste* carrega o subtítulo "As chuvas seguem a arada".⁵⁶ Essa promessa logo ecoou de costa a costa. Wilber fornece à leitura não somente por causa do que ele fala sobre a arada da terra como uma arma na mudança climática, mas também por causa do grande modelo que ele pinta em que o homem podia e devia representar seu próprio papel. Agradável e bajulador é o seguinte excerto:⁵⁷

Em qualquer lugar, sob essas novas condições de acasalamento, as nuvens irão se juntar em maiores nuvens, e se espalhar pelo céu; e a ducha irá cair sobre as fazendas e campos, não por sorte ou fortuna, mas por uma lei eterna. E ainda, nesse milagre do progresso, o arado foi o emissor principal — o profeta não erra — a causa conseguida. ... no suor de sua face, se enxugando com suas próprias mãos, os homens podem persuadir os céus a produzir os seus tesouros de orvalho e chuva sobre a terra que eles escolheram como lugar de moradia. Isto é realmente um assunto importante, ou melhor, um conjunto de forças — a energia humana ou trabalho, a semente vital e a polida gota d'água, que nunca deixa de cair em resposta ao poder que implora ou às rezas dos trabalhadores.

Pelo contrário, os índios são e, pelo que nós sabemos, sempre foram trabalhadores que cooperam com as forças da natureza que mantêm e aumentam as condições do deserto. Eles não irão nem

plantar nem colher, mas através de queimadas anuais irão destruir a vegetação ocasional das florestas e gramíneas para estender adiante os seus domínios reduzidos. Eles, por sua lei ou economia, fazem o deserto ainda mais deserto e, quando a desolação fica completa, desaparecem como a saída de alguém que não se acomodou, ou se retiraram para outros campos selvagens.

Assim, iria parecer que os desertos e terras áridas não são somente condições temporárias da superfície da terra, mas que, por outro lado, tais áreas não-promissoras podem, através da indústria e trabalho do homem, ser transformadas em campos férteis e produtivos.

Wilber e vários de seus contemporâneos tornaram claro o porquê dos gramados do Oeste, dos búfalos e dos índios terem de ceder às formas do progresso.

INFLUÊNCIAS ELÉTRICAS

A associação próxima das expressões elétricas com as tempestades é uma experiência comum em várias partes do mundo. A ausência das expressões elétricas em vários locais é também uma indicação de seca. Parece natural, conseqüentemente, suspeitar-se de desajustamento nas forças elétricas quando a precipitação estiver limitada. A correção das condições elétricas de maneira acertada ofereceu esperanças de que os céus poderiam produzir mais umidade quando e onde fosse necessária. As teorias e noções expressaram a perspectiva desse setor de atividade desde o começo da fé e da sabedoria até o ofuscamento elétrico. Até mesmo as árvores poderiam fazer o seu papel, de forma que o cimo das árvores serviriam como pára-raios prováveis para retirar os impulsos elétricos dos níveis mais altos,

⁵⁶ Wilber, op. cit., nota de pé de página 27.

⁵⁷ Wilber, op. cit., nota de pé de página 27, pp. 70-71.

ou juntar os campos positivos e negativos da eletricidade. Além disso, os primeiros dias foram marcados pela expansão da ferrovia e das linhas telegráficas através das planícies. Acreditou-se que por um processo misterioso essas linhas iriam retificar as condições elétricas e aumentar a umidade.

O Sr. Jos. S. Wilson, que serviu como comissário do Escritório Geral de Terras nos anos 60, pagou tributo repetidamente ao trabalho de Marsh, *O Homem e a Natureza* em seus relatórios anuais, e retirou dele a resposta para as planícies secas e sem árvores. Ele visualizou tremendas transformações nos territórios do oeste, resultantes da expedição de forças elétricas pelos programas de plantio de árvores. Entre outras reclamações e especulações, ele admitiu que:⁵⁸

Uma árvore é um bom condutor de eletricidade, e parece muito provável que uma extensa superfície coberta com tais condutores iria influenciar as condições das massas de vapor que passam sobre eles. Em todo caso, não pode haver dúvida, mesmo vindo do que tem sido experimentado em nossa própria região, de que uma distribuição menos regular de umidade acontece depois, menor do que aconteceria antes da derubada das florestas.

Outro antigo argumento pertinente vem da caneta de R. S. Elliot, agente industrial da Estrada de Ferro Kansas Pacífico. Elliot foi convencido de que a umidade nas planícies estava aumentando com o desenvolvimento, e de que ele contribuiu para a mudança ao plantar grupos de árvores perto da estrada de ferro. Ouviu comentarem que a

crescente umidade e chuva tornara “a carne de búfalo bem mais difícil de preservação do que até o momento” e fez as seguintes observações:⁵⁹

Os engenheiros civis dessa estrada de ferro acreditam que as chuvas e a umidade das Planícies têm aumentado durante a expansão das ferrovias e das linhas telegráficas sobre elas... Qual o efeito, se existe algum, que as escavações e as passagens de nível, os trilhos de ferro, a tensão do vapor nas locomotivas, a fricção da superfície metálica, os postes e fios, a ação das baterias, etc., podem possivelmente ter nas condições elétricas conectando com elas o fenômeno da precipitação, eu não consigo, é claro, explicar. Pode ser que as estações úmidas tenham meramente acontecido de estabelecer coincidências com as ferrovias e telégrafos. É preciso observar-se que os postos telegráficos são freqüentemente destruídos pelos raios; e é provável que os raios assim se descarreguem em vários lugares onde antes do aparecimento do telégrafo não acontecia, e talvez não conseguissem alcançar o solo de maneira alguma.

Algumas idéias interessantes relacionando as forças elétricas às crescentes chuvas foram propostas por H. R. Hilton de Kansas. Hilton foi polígamo em seus conceitos sobre as chuvas, nos quais ele aceitava a árvore, a arada da terra, e também os trilhos de aço como fatores contribuintes, mas ele também desenvolveu algumas novas idéias à respeito das mudanças nas forças elétricas trazidas à tona pela vegetação mais alta e mais espessa. O seu trabalho, melhor estruturado e mais revelador, relacionando as cres-

⁵⁸ Joseph S. Wilson, “Observações que acompanham o Relatório Anual de 1868 do Comissariado do Escritório Geral de Terras, sobre a Cultura das Florestas”, *Relatório do Comissariado do Escritório Geral de Terras, 1868* (Washington: Escritório de Imprensa do Governo, 1868) pp. 173-198, citação da p. 179.

⁵⁹ *Relatório Anual da Companhia do Instituto Smithsonian para 1870* (Washington: Escritório de Imprensa do Governo, 1872), pp. 472-474, citação da p. 474.

centes chuvas às condições elétricas mutantes, aparece no *Relatório da Companhia de Agricultura do Estado de Kansas de 1888*. Depois de uma breve referência ao que tinha sido certa vez o Grande Deserto Americano, ele continuou: ⁶⁰

O porque dele ter sido um deserto é contado dessa maneira: A escassez de vegetação, ela sendo queimada periodicamente pelos índios, expôs a superfície às patas dos búfalos e aos raios do sol de verão, e através da radiação deu calor excessivo para a atmosfera mais próxima da terra. . . . A densidade desse ar superaquecido sendo maior do que a do ar umedecido na mesma temperatura, tentou a estratificação das correntes de ar, estando a mais seca de todas mais perto da terra. . . . O estrato do ar quente e seco perto da superfície da terra contribuiu, enormemente, para a aridez do clima através do afastamento da terra, da umidade vinda do norte, do golfo do México nas mais altas correntes de ar durante os meses de primavera e verão, para suprir a região mais alta do vale do Mississippi com as suas chuvas necessárias.

A eletricidade em áreas locais de baixa temperatura no barômetro é um fator importante na precipitação das chuvas nas planícies, e qualquer coisa que promovia uma quantidade mais livre de dádivas elétricas entre a terra e as nuvens promove essa precipitação; e, por outro lado, qualquer coisa que retarde tais dádivas, favorece a continuação do clima árido. O ar seco é um condutor pobre; portanto, a existência de um estrato seco do ar próximo da superfície da terra coloca logo fora de seu alcance a umidade que ele tanto cobiça — e quanto maior a resistência desse estrato isolado mais violento é a tem-

pestade quando essa resistência tiver sido superada.

O clima árido, pelo menos da metade leste das grandes planícies, não foi tanto o resultado da falta de umidade no ar quanto da falta de condições para a sua precipitação. A superfície exposta ao sol e traumatizada pelas patas dos animais espalhava água tão livremente como se fossem seixos. As tempestades, invariavelmente elétricas, eram violentas, e precipitavam água em grande quantidade sobre uma área limitada, geralmente seguindo riachos de margens arborizadas ou onde as condições fossem mais favoráveis para atrair a eletricidade das nuvens. Essas chuvas rapidamente acharam o seu caminho e transbordaram os cursos d'água mais próximos, mas uma pequena parte delas penetrou na crosta superior do solo, para ser estocada para futura evaporação. . . . Mas quando os homens precisaram das planícies para fins agrícolas e domésticos, os seus recursos armazenados foram sendo gradualmente utilizados e com força de vontade comprovada conseguiram mudar e subverter o clima e a região para o seu próprio uso — não através de violência, mas de acordo com as leis naturais. . . . Torturando o solo com o arado e as grades, a dura crosta superior, antes tão impermeável à água da chuva, agora fornece uma despesa na qual acumula a água da chuva, e guarda o que antigamente jogava fora — guardando não somente para a planta que será plantada ali, mas para aliviar a aridez da atmosfera através da evaporação gradual. Atrás dos pioneiros vem a grama alta e de astes azuis, fazendo um começo em muitos locais aqui e ali, e gradualmente se espalhando por toda a superfície. Essa grama alta e espessa na relva inquebrantável,

⁶⁰ H. R. Hilton, "Influências do Clima e Mudanças Climáticas na Pecuária das Planícies", *Relatório da Companhia de Agricultura do Estado de Kansas de 1888*, pp. 141-146, citação das pp. 141-142.

ajudada pelo crescimento dos arbustos e grupos de árvores de florestas plantadas na terra cultivada, cobriu a superfície anteriormente exposta, como um cobertor. Sob essas condições mutantes, a evaporação tomou o lugar da radiação, e o estrato do ar seco isolado, com suas miragens coexistentes, se tornou gradualmente menos freqüente, e em seu lugar estabeleceu-se um relacionamento mais congênere. As nuvens carregadas de umidade, que nunca mais se desviaram, são mais prontamente acessíveis através da média dos condutores elétricos da terra na forma de evaporações ascendentes, carregando a mensagem das necessidades dos homens e fornecendo um meio para supri-las.

No início, em 1880, entretanto, quando Hilton divulgou pela primeira vez a sua "mensagem elétrica", alguns críticos já estavam reunindo dados sobre o clima e não encontraram nenhuma prova de que a precipitação estava aumentando. Os naturais de Kansas ofereceram o que pareceu uma resposta razoável e lógica para vários céticos:⁶¹

Onde a melhor média de condutividade existe, a corrente elétrica irá estabelecer uma comunicação mais rápida com a terra, conseqüentemente, antes de qualquer dos colonizadores alcançarem as planícies, as tempestades magnéticas seguiam os cursos dos rios, apresentando a maior atração para a eletricidade do ar.

Quando pela primeira vez passou à ferrovia através dessas planícies, foi notado que as tempestades de verão, viajando aparentemente através da trilha da ferrovia, iam, ao se aproximarem dela, ser desviadas de seu curso, e em vez de cruzar seguindo a direção da trilha, a forte atração vinda dos trilhos de aço e fios telegráficos e solo quebra-

do pela construção da estrada, foi suficiente para segurá-las na linha durante uma distância considerável. Com a rachadura geral do solo de relvas das campinas e cultivo da terra, um novo circuito foi estabelecido pela eletricidade na atmosfera, tão atrativo quanto o dos vales e, conseqüentemente, uma distribuição mais equilibrada das chuvas por toda a região tem sido o resultado. Esta é uma razão pela qual a comparação das estatísticas das chuvas em diferentes postos nas planícies, durante os últimos 20 anos, são tão negativos para confiar-se como base de comparação.

Quase todos esses postos eram localizados em um ponto em alguns dos rios principais, que apresentavam as maiores vantagens em água, em grama e em madeira. Do tempo em que esses postos foram ocupados até a vinda dos colonizadores, as tempestades magnéticas encontraram maior atração para seguir os vales, e pequena para atrair uma distribuição geral nas terras mais altas, conseqüentemente as recordações de dez, quinze, vinte anos atrás, desses postos, mostram simplesmente as chuvas das localidades mais favorecidas... Estas (recordações das terras mais altas) sendo desejadas infelizmente, nós não temos meios de determinar; qualquer que seja o aumento real que elas tiveram.

É um pouco duvidoso que o Departamento de Terras de Atchinson, Topeka, e a Companhia de Estrada de Ferro Santa Fé tenham recebido imediatamente o comunicado de Hilton, entregue no Clube Científico de Topeka, e reproduzido em um pequeno livro, como o *Guia do Vale de Arkansas, no Centro-Sul e Sudoeste de Kansas*.

⁶¹ H. R. Hilton, *Guia para o Vale de Arkansas, no Centro-Sul e Sudoeste de Kansas*; uma cópia desse pequeno livro está arquivada na Biblioteca Spencer na Universidade de Kansas, e ela dá meramente uma linha de critério para o Diário da Capital de Topeka, 8 e 9/4/1880.

RESERVATÓRIOS DE ÁGUA E IRRIGAÇÃO

A irrigação chegou ao Oeste a despeito de todos os relatórios confiantes a respeito da modificação do clima. Projetos de irrigação razoavelmente bem sucedidos e conspícuos sob os auspícios dos ianques estiveram na Califórnia e Utah por volta da metade do século, vieram para o Colorado nos anos 70 e para o vale do Arkansas, em Kansas, nos anos 80. Não levou muito tempo para que esse tipo de paisagem também fosse relacionado às chuvas crescentes. Um projeto de irrigação ambicioso mas enormemente fútil foi iniciado no vale de Arkansas, em Kansas, nos anos 80. Depois de algum tempo, o *Jornal da Cidade de Kansas* relatou: ⁶²

46

Não há nenhum problema a não ser o de que o sistema de irrigação é positivo e decididamente motor, o que é conhecido como o cinturão de chuvas do Oeste, este também com uma taxa rápida. Desde o momento em que o sistema entrou em funcionamento, até mesmo num pequeno lugar no oeste de Kansas, nunca mais houve qualquer escassez de chuvas.

Apesar dessa observação ser interessante, ela falha ao explicar como a mudança aconteceu. Uma explicação detalhada foi preparada por John Hay, editor da *Revista do Meio-continente*, e publicada nesse órgão em maio de 1891, depois de ser lida perante o Primeiro Congresso Comercial dos Estados do Oeste, na cidade de Kansas; em fevereiro de 1891. O Sr. Hay executou, primeiramente, a respeito “do interessante assunto dos elementos e forças da natureza para o uso e serviço do ho-

mem”, e assegurou a sua audiência de que “nós temos sido incapazes de descobrir a causa verdadeira da falta de chuvas nas regiões semi-áridas no momento em que é necessário, mas eu acredito que serei capaz de mostrar claramente... que através... da operação das leis naturais... os ventos secos e quentes podem ser evitados rápida e efetivamente nas regiões semi-áridas dos estados do Oeste”. ⁶³ O artigo propriamente dito é então introduzido sob quatro pontos principais: 1) “Os ventos quentes podem ser evitados”, 2) “a atmosfera pode ser desprovida desse intenso poder absorvente que destrói as nossas colheitas”; 3) “um aumento real nas chuvas pode ser obtido”, e 4) “essa precipitação adicional irá ocorrer no instante exato quando for mais necessária para as colheitas em desenvolvimento”. A audiência foi então lembrada a respeito de várias considerações básicas: ⁶⁴

1) “na conversão de água em vapor, uma quantidade de calor é absorvida” fornecendo uma temperatura mais baixa para a água e na área circunvizinha;

2) o vapor d’água é “800 vezes” mais leve do que o ar, levanta e “difunde o calor” e é suportado nas nuvens vaporosas e fofas a 10.000 pés de altitude, e

3) o vapor também aumenta o nevoeiro e protege a superfície dos raios escaldantes do sol.

Para manter o “calor superabundante” próximo da superfície, como um “escravo submisso” no ar, são necessários numerosos canais ascendentes de vapor, o que pode ser obtido do seguinte modo: ⁶⁵

⁶² *Jornal da Cidade de Kansas*, 11 de maio de 1885.

⁶³ John Hay, “Irrigação”, *Revista do Meio-continente*, maio de 1891, pp. 109-128.

⁶⁴ Hay, op. cit., nota de pé de página 66, pp. 109-110.

⁶⁵ Hay, op. cit., nota de pé de página 66, pp. 112-113.

Durante uma residência de trinta anos em Kansas Central eu não posso lembrar de mais de dois anos quando não existiu, em alguma parte do ano, água suficiente para aniquilar e acabar com os ventos quentes que dissecavam a vegetação de nosso estado; até mesmo nesses primeiros dias do ano de 1891, os nossos rios e cursos d'água tinham sido sobrecarregados com milhões e milhões de toneladas de água para o golfo do México. Se o nosso povo estivesse na época da colheita com essa bela quantidade de elemento líquido que está guardado em lagos artificiais, reservatórios e canais em cada quarta seção de terra, nós não deveríamos ter ventos quentes nas proximidades de julho e agosto. O problema está em nossas mãos. É para as pessoas nas regiões semi-áridas dizerem se elas vão continuar a ser vítimas de uma calamidade, o que está em seu poder para evitar, ou se eles irão se acostumar a preservar o elemento líquido tão graciosamente concedido por uma providência beneficiadora.

Esse tema foi então desenvolvido mais aprofundadamente e aproximou a proposição de Hilton da liberação das forças elétricas. De maneira diferente de Hilton, Hay enfatizou que a umidade atrai umidade, e que as colunas ascendentes de vapor irão trazer as chuvas necessárias, apesar dele também ter postulado que a "saturação líquida da atmosfera forma um médio condutor que irá trazer para a terra a água das nuvens de chuva, tão certo como a pipa de seda de Benjamin Franklin trouxe de volta a suas mãos a fagulha elétrica das nuvens magnéticas". Para confirmar sua tese de que a água atrai ou dirige a umidade, falou:⁶⁶

Ao viajar de minha fazenda para a cidade de Junction vi a nuvem de chuva

seguir o rio Kansas até a confluência dos rios Smoky Hill e Republican e ao alcançar aquele local a nuvem se dividiu, uma metade seguiu o rio Smoky Hill e a outra o vale do Republican.

Desse fato não estamos nós justificados ao estabelecer que existe realmente uma influência poderosa, condição ou procedimento médio vindo das águas dos rios, que controla o curso e a direção dessas nuvens, enquanto que nenhuma influência igual a essa vem das terras secas? Porque se isso não acontecesse a nuvem não iria fazer um curso de ziguezague para seguir o rio, assim como um curso direto através da terra seca seria igualmente seguido por ela.

Depois de desenvolver esses temas e observações o autor lembrou aos seus leitores que:⁶⁷

A verdade alcançou tão longínquo ponto com precisão esmagadora para mostrar o que o Onipotente colocou sob o nosso comando para prevenir a seca do futuro . . . isto é, se esses lagos e reservatórios de que nós falamos, variando em tamanho de um quarto de acre até dois ou três acres de terra de extensão, se encontrassem a cada quarta ou cinquenta acres de terra no estado, a atmosfera vinda do vapor ascendente iria estar sempre próximo do ponto de saturação. Qual seria o resultado? A primeira nuvem de chuva que veio flutuando sobre o nosso estado, vinda do golfo do México, depois de seu vapor ter sido condensado pelos ventos do norte, iria derramar os seus tesouros de água na terra, porque o ar já estaria saturado e esperando não para absorver as águas da nuvem mas para conduzi-las até a terra — consequentemente você receberia uma chuva espessa, que, sob nossas condições

⁶⁶ Hay, op. cit., nota de pé de página 66, p. 123

⁶⁷ Hay, op. cit., nota de pé de página 66, p. 123

atuais, não poderia receber. Portanto, a sua chuva tem sido realmente aumentada através da existências de lagos artificiais e reservatórios.

Apesar de Hay ter intitulado o seu artigo de "Irrigação", ele não aplica o termo no sentido comum, mas sim metaforicamente. Ele assegurou que, aparentemente, as evaporações dos lagos provocariam a chuva ou irrigação das nuvens.

Certamente o nome de maior prestígio identificado com a controvérsia a respeito da natureza e a promessa da área das planícies foi John Wasley Powell, que inspirou e de certa forma publicou o *Relatório das Terras das Regiões Áridas dos Estados Unidos*.⁶⁸ Ele rejeitou a noção de que as planícies iriam ou poderiam ser redimidas pelas árvores e o cultivo. A referência desdenhosa às medidas de plantio de árvores no Oeste o colocou em oposição a Fernow. Pode ter sido uma surpresa saber-se que Powell não rejeitou todos os métodos de aumento de chuvas do Oeste ao transformar a paisagem. Durante as últimas décadas do século XIX ele se tornou um dos principais apóstolos da irrigação e extravasou suas variadas promessas, incluindo a do aumento da precipitação. Uma carta interessante que endereçou para o *Times*, da cidade de Kansas, foi prontamente publicada em *Ciência* (1888). Depois de repetir a sua descrença de que as árvores iriam trazer maior umidade para as planícies, veio com uma observação surpreendente:⁶⁹

Na região praticamente desabitada, a água corre agora das montanhas para o mar; mas quando os rios forem utili-

zados na irrigação a água irá se evaporar e a umidade do clima será aumentada, e os ventos secos não irão mais ressecar o solo e queimar a vegetação. Como a umidade geral será aumentada, o ar úmido, pois ele sopra na direção do leste nas grandes correntes atmosféricas, irá descarregar chuvas mais copiosas, e a região úmida irá se estender para mais adiante na direção do oeste, a região árida irá, proporcionalmente, cair na quantidade certa. A irrigação aumentará a umidade do clima, e a proteção contra os incêndios nas áreas não irrigadas; e como as terras iriam ganhar mais e mais águas, vindas dos céus através das chuvas, precisariam cada vez menos de água dos canais e reservatórios. Quando toda a água da região árida for transformada em própria para a irrigação através do uso de todos os rios na estação de irrigação, da estocagem do supérfluo que corre na estação da entressafra, e através da coleta nos reservatórios das águas das chuvas dos vales sem rios, a umidade geral da atmosfera na região árida será aumentada e, portanto, as chuvas aumentarão e só uma pequena parte da irrigação artificial será necessária.

Parece necessário concluir esta pesquisa histórica da meteorologia da paisagem citando um artigo de 1907 endereçado pelo Governador de Wyoming, ao Congresso de Fazendeiros em Denver, em junho. O orador principal lembrou à audiência de que o Governador era um "convidado de distinção e honra, ... que eu penso irá fazer o sangue latejar em suas veias com a breve palestra que irá fazer agora". O Governador não desapontou sua audiência. Ele recebeu bem tanto os fazendeiros, quanto os defensores da irrigação:⁷⁰

⁶⁸ John Wesley Powell, *Relatório das Terras das Regiões Áridas dos Estados Unidos* (Washington: Escritório da Imprensa do Governo, 1878).

⁶⁹ John Wesley Powell, "As Árvores das Terras Áridas", *Ciência*, Vol. 12 (12 de outubro de 1888), pp. 170-171, citação da p. 171.

⁷⁰ *Deliberações do Congresso de Fazendeiros do Missouri, em Denver, Colorado; 24, 25 e 26 de janeiro de 1907* (Denver: Companhia do Comércio, n. d.), p. 126.

Nós podemos receber bem essas experiências dos fazendeiros, que demonstraram completamente durante os últimos dois ou três anos que elas estão repletas de possibilidades sem fim. Todas essas terras áridas mudarão, serão transformadas, serão cultivadas com sucesso. E no Wyoming, por exemplo, quando as fazendas tiverem se espalhado por todos esses vastos acres, quando tiverem tirado dos poços e de seus reservatórios a água, através da irrigação, e um acre entre cada seis estiver cheio d'água, eu pergunto a vocês se não é razoável que essas leis da natureza façam alguma mudança em nossas condições climáticas. Lembrem-se, também, de que a evaporação desta grande área irrigada será mais rápida, de acordo com o calor da terra; isto vai acontecer em qualquer área do mesmo tamanho que seja alagada pelas águas frias de um lago; que a evaporação de cada acre dessa área alagada irá ser seis, oito ou dez vezes maior do que seria em uma área igual com águas de um lago ou um rio, de acordo com o calor do solo. E na primavera, quando a água de todos esses lagos e rios for espalhada por um acre entre cada seis, e nessa grande região árida onde o sol brilha e os ventos sopram, a evaporação for fenomenal, então iremos ter uma pequena chuva que cobrirá toda a região, e então toda a região irá evaporar-se e teremos chuva e tudo irá evaporar-se e choverá novamente, e então, nesse momento, chegar um fazendeiro usando capa de chuva e um par de botas de borracha, e com um sorriso amarelo nos dirá que ele fez uma descoberta maravilhosa de como fazer o cultivo sem a irrigação.

Depois dessa palestra esmagadora, o orador principal expressou a sua apre-

ciação ao Governador "por nos ter aberto os olhos".

ESFORÇOS CONTÍNUOS

Depois dessa pesquisa de programas de modificação do clima e tempo, históricos, baseados na modificação da paisagem, podemos antecipar uma nota autocontraditória sobre o grande progresso ocorrido na meteorologia, e as muitas noções de "saídas" sobre o assunto, que foram deixadas de lado. Nenhuma dessas notas parece ter sido apropriada ou oferecida. Apesar de termos feito progressos, os primeiros conceitos sobrevivem, de uma forma ou de outra, e a alguns até mesmo estão sendo revividos. Consideremos, por exemplo, a crença de que as crescentes chuvas são causadas pela irrigação.

Em outubro de 1969, L. S. Joobs, Climatologista Regional da Cidade de Kansas, apresentou um artigo no Simpósio da Sociedade Meteorológica Americana, em Madison, Wisconsin, no qual chamou a atenção para o significativo aumento da precipitação nos últimos anos em relação aos primeiros anos em Dodge City, Kansas, e Lubbock, Texas, da mesma forma que em alguns outros lugares. Esses lugares estão agora em grandes áreas irrigadas. O autor então especulou seriamente sobre as crescentes chuvas resultantes da crescente irrigação.⁷¹

Um escritor da *Estrela* da cidade de Kansas entrou em contato imediatamente com o Sr. Joobs e preparou uma reportagem-modelo intitulada "Aumentos nas Chuvas Trazidos Aparentemente pela Mudança em seu Habitat Natural".⁷² Maior atenção foi dada à descoberta de Joobs em um artigo nas *Notícias Científicas*.⁷³

⁷¹ L. S. Joobs, comunicação pessoal.

⁷² *Estrela* da Cidade de Kansas, 1 de dezembro de 1969, p. 27.

⁷³ Kendrick Frazier, "Irrigação e Clima", *Notícias Científicas*, Vol. 96 (27 de dezembro de 1969), pp. 599-600.

Apesar da síndrome árvores-chuvas não ter sido revivida tão dramaticamente, o assunto não foi arquivado, particularmente em sua forma mais sutil. A questão do que irá acontecer com as extensas clareiras na bacia Amazônica tem sido levantada. A mesma questão foi levantada visando à bacia do Congo, sem conclusões positivas.⁷⁴ E Bryson e Baerreis especularam a respeito da crescente poeira que resultou da agricultura como um fator contribuinte para a seca.⁷⁵

As modificações no clima e no tempo fizeram uma volta decidida nos anos 40 com a introdução da semeadura das nuvens, e nós temos agora quantidades enormes de programas adulterando o próprio ar para conseguir alguma modificação. É duvidoso que alguns resultados significantes se seguirão, ou sejam apenas desejados. E, assim por diante, os programas têm sido bem mais efetivos ao retirar quantidades de verbas federais do que em aliviar a seca. Não obstante as violentas controvérsias a respeito de sua efetividade, e apesar de nossos computadores e estatís-

ticas, o assunto permanece tão nublado hoje como foram os esforços dos guardas-florestais e modificadores do clima, nos últimos dezenove séculos. Para uma mistura de reclamações e contra-reclamações, feitas pelos leigos, especialistas e congressistas, sobre a efetividade da semeadura das nuvens, vamos nos referir a uma audiência apropriada do 85.º Congresso, intitulada "Programa de Pesquisa Experimental sobre a Modificação das Nuvens".⁷⁶

As modificações do clima e tempo não começaram com a semeadura das nuvens nos anos 40, como está estabelecido, nem com os esforços dos modificadores da paisagem nos recentes séculos. De fato, esta é uma das preocupações mais antigas e mais persistentes da raça humana. Certamente, qualquer lista das profissões "mais antigas" deve incluir as do controlador e modificador do clima. Apesar da prática e dos praticantes terem mudado, isto ainda nos acena e nos leva a várias direções. Não há razão para acreditar que essa preocupação será logo abandonada ou esquecida.

⁷⁴ H. L. Penman, *Vegetação e Hidrologia, Comunicação Tecnológica n.º 53* (Bucks, Inglaterra: Escritório de Terras do Reino Unido, 1963), pp. 1-7. Para maiores detalhes sobre essa questão, vindo de especialistas, veja William M. Denevan, "Desenvolvimento e Iminente Derubada da Floresta de Chuva da Amazônia", *O Geógrafo Profissional*, Vol. 25 (1973), pp. 130-135. As especulações atuais sobre esse assunto podem ser bem comparadas com as da antiga América quando os europeus e os colonizadores observaram as vastas florestas do Novo Mundo e as suas implicações climáticas.

⁷⁵ Reid A. Bryson e David A. Baerreis, "Possibilidades de Maiores Modificações Climáticas e suas Implicações: Noroeste da Índia, um caso para Estudos", *Boletim da Sociedade Meteorológica Americana*, Vol. 48 (março de 1967), pp. 136-142.

⁷⁶ Audiências, Sub-Comitê do Senado do Comitê de Comércio Interestadual e Estrangeiro, 85.º Congresso, primeira sessão, 1957

"Os edifícios, com sua verticalidade e com a sua variedade de formas, de implantações e de orientações em relação ao Sol, funcionam como uma espécie de labirinto de refletores e que somado a outros fatores contribui para a caracterização do clima urbano". Eis como Eduardo Pazera Júnior, professor de Geociências da Universidade Federal da Paraíba, analisa os fenômenos relacionados com o clima dos centros das cidades em relação à periferia, em trabalho intitulado "A Ilha de Calor da Cidade: Fatores e Atributos".

A Ilha de calor da cidade: fatores e atributos

51

EDUARDO PAZERA JÚNIOR

1. INTRODUÇÃO

Dentre os fenômenos que interessam à caracterização do clima urbano, os que se referem às variações da temperatura são, talvez, dos mais significativos.

O fato de que o centro da cidade é mais quente que os seus arredores já é conhecido há mais de um século, desde o estudo pioneiro de Luke Howard, sobre o clima de Londres, datado de 1818 (Chandler, 1965). Atualmente é indiscutível que a distribuição das isotermas de um núcleo urbano demonstra uma certa tendência para o aumento das temperaturas; aumento este que se desenvolve da periferia em direção à área mais densamente edificada (geralmente o centro da cidade). A observação dessa distribuição das isotermas sugeriu o nome de "ilha

de calor da cidade" (urban heat island) para descrever o aspecto mais evidenciado do fenômeno — a existência de temperaturas mais elevadas no centro da cidade (Lowry, 1969). Trata-se, provavelmente, de uma das consequências climáticas mais representativas do desenvolvimento urbano.

A intensificação dos estudos sobre o assunto (principalmente com a evolução das pesquisas de Climatologia Urbana) é bem atual, mal ultrapassando uma década. É relativamente elevado o número de textos recentes (notadamente artigos) sobre as "ilhas de calor". Ultimamente estas vêm sendo um dos tópicos dominantes nos estudos de meteorologia e climatologia urbanas. A título de ilustração, bastante sugestivo que em um conclave da American Meteorological Society sobre o ambi-

ente urbano e biometeorologia, cerca de 1/3 de seu temário versava sobre as "heat islands" (Conference on Urban Environment and Second Conference on Biometeorology, sponsored by the A. M. S., Philadelphia — out-nov, 1972).

Não obstante, a grande maioria dos trabalhos publicados referem-se a estudos de identificação e/ou caracterização de ilhas térmicas de determinadas cidades da América do Norte, Europa Ocidental e Japão (Peterson, 1969). Há, também, alguns estudos (poucos, na verdade) que se referem à elaboração de "modelos" teóricos e/ou experimentais.

O fenômeno (heat island), resultante da ação de um elevado número de variáveis interdependentes, é bastante complexo. Implica em vários processos de "feed-back" com múltiplas interações.

Ainda está para ser feita uma sistematização completa e abrangente sobre o assunto. Cumpre acrescentar que inexistem quaisquer estudos interessando às áreas tropicais (ademais não há, até a presente data, um único texto em vernáculo sobre tais estudos).

Assim, o presente trabalho poderá, talvez, contribuir para uma síntese elementar dos fatores e atributos da ilha de calor da cidade, com base na bibliografia estrangeira. Pretende-se, ainda, colaborar para a introdução do tema em língua nacional.

A estratégia de abordagem deste trabalho baseia-se em uma concepção geográfica do clima urbano. Pretende-se tomar como base o espaço urbano como fator atuante (através de sua própria estrutura e das atividades que lhe são inerentes), na formação das ilhas de calor. Em seguida, tentar-se-á caracterizar os atributos do fenômeno "heat island" que interessam à definição do clima urbano.

2. A GÊNESE

A ilha de calor é nitidamente um "resultado da modificação dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização que, por sua vez, conduz a alterações no balanço de energia" (Oke, 1972).

2.1. A influência da estrutura urbana

Dentre os fatores da estrutura urbana que contribuem para a elevação das temperaturas no centro da cidade, merece destaque a presença da aglomeração de edifícios. Sumariemos, pois, alguns dos efeitos da massa de edificações, que tão bem caracterizam os modernos "Central Business District".

Os edifícios, com a sua verticalidade e com a sua variedade de formas, de implantações e de orientações em relação ao Sol, funcionam como uma espécie de "labirinto de refletores" (Lowry, 1967). Com efeito, eles absorvem e armazenam parte da energia calorífica e dirigem outra porção considerável para outras superfícies absorventes. Assim, o perfil urbano, associado à natureza dos materiais de construção — geralmente de grande condutância térmica como o concreto (ou, até mesmo, as janelas de vidro, tão em voga nos modernos edifícios de escritórios), causam reflexões múltiplas ao longo das ruas (Munn, 1966).

As ruas (sobretudo as de pavimentação asfáltica) constituem outro componente — desta vez horizontal — a acentuar o processo.

Levando-se em conta o fato de que o ar se aquece sobretudo pelo contato com superfícies mais quentes (muito mais do que pela radiação direta), "uma cidade proporciona um sistema altamente eficiente para aquecer grandes volumes de ar" (Lowry, 1967).

Por outro lado, a variedade da geometria dos prédios funciona como obstáculo para o vento, modificando o seu fluxo natural e aumentando a turbulência do ar. Dificulta, portanto, a ação do vento na dispersão do calor para longe.

Como a superfície urbana é formada por materiais bastante impermeáveis (notadamente os revestimentos externos dos edifícios, as coberturas e o asfalto), sua capacidade de retenção de água é reduzida. Esse fator se vê ainda mais acentuado no centro pela ausência de áreas verdes e de massas líquidas de porte. As águas pluviais escoam-se rapidamente das paredes e das ruas em direção às galerias subterrâneas. Assim, por haver menores oportunidades para a evaporação (e evapotranspiração, inclusive), entende Lowry (1967) que: "a energia calorífica fica disponível para o aquecimento do ar". Além disso, o perfil urbano, reduzindo a velocidade dos ventos, inibe a evaporação.

Temos, outrossim, uma reação em cadeia a manter a umidade (absoluta e relativa) do ar em níveis mais baixos do que os "naturais", contribuindo isto também para o aumento do calor.

Vê-se, portanto, que o balanço natural da radiação é perturbado pelas propriedades das superfícies urbanas.

2.2. As consequências da atividade urbana

A área central da cidade, sua área *core*, é, evidentemente, aquela em que as atividades humanas se revestem de maior intensidade e densidade. Muitas dessas ações contribuem sensivelmente para a intensificação dos processos descritos anteriormente.

Para Landsberg (1957), o simples adensamento humano, com o calor de seu metabolismo, constituiria, por si

só, um fator... Textos posteriores (Lowry, 1967; Peterson, 1969) salientam que até mesmo o isolamento imperfeito das paredes dos prédios deixaria passar o calor da calefação no inverno, contribuindo para aquecer o ar do exterior dos edifícios.

Lowry (1967) enfatiza a presença dos aparelhos de ar condicionado que, para refrigerar os interiores, expõem ar quente para o exterior.

A circulação de veículos automotores emite calor e contribui para a turbulência dos níveis inferiores do ar, dificultando a dispersão térmica perto do solo em direção às camadas superiores. Segundo estudos de Gold (1954), citados em Munn (1966), a circulação intensa de automóveis pode gerar uma diferença de temperatura de até 4°C a mais do que a das áreas sem tráfego. Ademais, os transportes urbanos constituem um dos mais expressivos fatores de emissão de poluentes.

A poluição é a "maior aberração climática das condições naturais trazidas pela urbanização" (Landsberg, 1956), atuando sensivelmente sobre alguns fatores que geram, via de regra, a ilha térmica; há uma tendência para a formação de uma espécie de "cúpula" de poluentes (notadamente de partículas sólidas em suspensão) sobre as cidades. Como o ar tende a circular em direção à parte mais quente da cidade, o pó e a fumaça (frequentemente oriundos dos subúrbios industriais) tendem a convergir para lá (Geiger, 1950). Assim, a ilha de calor corresponde, em tese, ao centro dessa redoma de poluição.

Portanto, à poluição gerada na própria ilha de calor acrescenta-se aquela oriunda até mesmo da periferia da cidade.

A camada de poluentes, embora apresente uma certa tendência para refletir a luz solar (reduzindo, em princí-

pio, o montante de radiação direta que atinge a superfície), dificulta o escoamento e a dissipação do calor (Lowry, 1967).

Contudo, parte da radiação absorvida pelos poluentes será reemitida para baixo. Aquecendo-se as camadas inferiores do ar, uma parcela do calor será absorvida e reemitida pelo chão. Assim, a concentração de ar poluído não só causa uma ilha térmica mais intensa como também "altera a estrutura vertical das temperaturas de forma a retardar a sua dispersão" (Peterson, 1969).

3. AS PROPRIEDADES

Os atributos da ilha de calor da cidade estão intimamente relacionados à interação dos fatores meteorológicos com os da urbanização.

3.1. As variações de intensidade e de extensão

A ilha de calor da cidade é mais facilmente detectável à noite, sobretudo quando o céu está límpido e o ar calmo (Munn, 1966). À noite o calor armazenado durante o dia (através dos processos já descritos) vê-se liberado, contribuindo para o contraste térmico entre o centro da cidade e as suas circunvizinhanças. Podem ocorrer diferenças de até uns 5°C, ainda dentro da zona urbana (Chandler, 1965).

Essas diferenças de temperatura, geralmente, não parecem ser muito acentuadas por volta do meio-dia. Isto ocorre, provavelmente, em virtude do ângulo de incidência dos raios solares afetar de forma semelhante tanto as superfícies verticais (edificações) dominantes no CBD como as outras, comuns na periferia (vegetação, águas).

Experiências de Mitchell em New Haven (Connecticut), no ano de 1953, relatadas por Landsberg (1956), demonstram um fato curioso da interação temperatura versus atividade urbana: a ilha de calor vê-se bastante atenuada aos domingos. Está fora de dúvida que, além da redução da poluição industrial, ocorre também uma nítida diminuição do tráfego aos domingos, principalmente no CBD.

Do ponto de vista das variações sazonais, inúmeras investigações coligidas por Peterson (1969) apontam o fato de que as maiores diferenças térmicas centro-periferia ocorrem no verão e no início do outono (a literatura compulsada não parece ser muito convincente na explicação do fato). No inverno, apesar do centro ser também mais quente, os contrastes não parecem ser tão violentos. É provável que o grau higroscópico do ar da ilha térmica seja maior (em virtude da concentração de poluentes, por exemplo), contribuindo para atenuar as diferenças.

As amplitudes térmicas são, via de regra, menores na ilha de calor que no restante da cidade.

De qualquer forma, mesmo as temperaturas médias anuais (sobretudo a média das mínimas), são sempre superiores na ilha de calor. Esta corresponde, verdadeiramente, ao fulcro de um sistema de contrastes térmicos cidade-campo.

O perfil vertical das temperaturas da ilha de calor denota que o limite superior de sua influência pode chegar excepcionalmente até uns 1.000 m de altura; em média, ela oscila entre 50-400 m, segundo informa Yamada (1972). A partir da altitude de 300 m acima do solo urbano, as temperaturas se tornariam inferiores às do mesmo nível no meio rural. Próximo ao nível

dos 1.000 m, elas igualar-se-iam (Peterson, 1969).

No sentido horizontal, sabe-se que a forma da ilha de calor é bastante variável. Haveria uma tendência para o deslocamento de seu centro para barlavento. O seu raio dependeria, segundo Chandler (Peterson, 1969) de condições climáticas locais; corresponderia, eventualmente, a apenas uns 500 metros.

Um outro problema é o da relação existente entre o tamanho da cidade (ou efetivo populacional) e a dimensão e intensidade da ilha de calor. Ao que parece, existe uma correlação, embora não necessariamente linear. Essa evidência está cabalmente demonstrada pela pesquisa de Oke (1972) no vale do São Lourenço.

Aspecto importante é que a ilha térmica, ao contrário do que se possa pensar, não parece ser apanágio das grandes metrópoles; muitos pesquisadores já as “descobriram” em pequenas cidades. O exemplo que já se tornou quase célebre é o de Sekiguti (1964), detectando uma ilha de calor na pequena cidade japonesa de Ina (12.000 habitantes).

3.2. Os efeitos no clima urbano

Dos fatos descritos anteriormente, ficam evidenciadas algumas características da ilha de calor que são pertinen-

tes para a definição do clima urbano. Reportemos, ainda, a algumas peculiaridades. O mecanismo de circulação do ar urbano, no qual a ilha térmica exerce papel destacado, determina, ali, um índice pluviométrico mais elevado que o dos seus arredores.

Esses mesmos mecanismos, aliados ao comportamento da cúpula de poluentes, atuam nas propriedades de visibilidade e nebulosidade da atmosfera urbana.

Os contrastes climáticos cidade-campo, já bastante conhecidos, sumariados por Landsberg (1956), têm o seu verdadeiro fulcro na ilha de calor da cidade. Nela a “degradação” do clima atinge o seu auge.

A ilha de calor é, pois (juntamente com a poluição) um dos mais significativos “out-puts” do clima urbano.

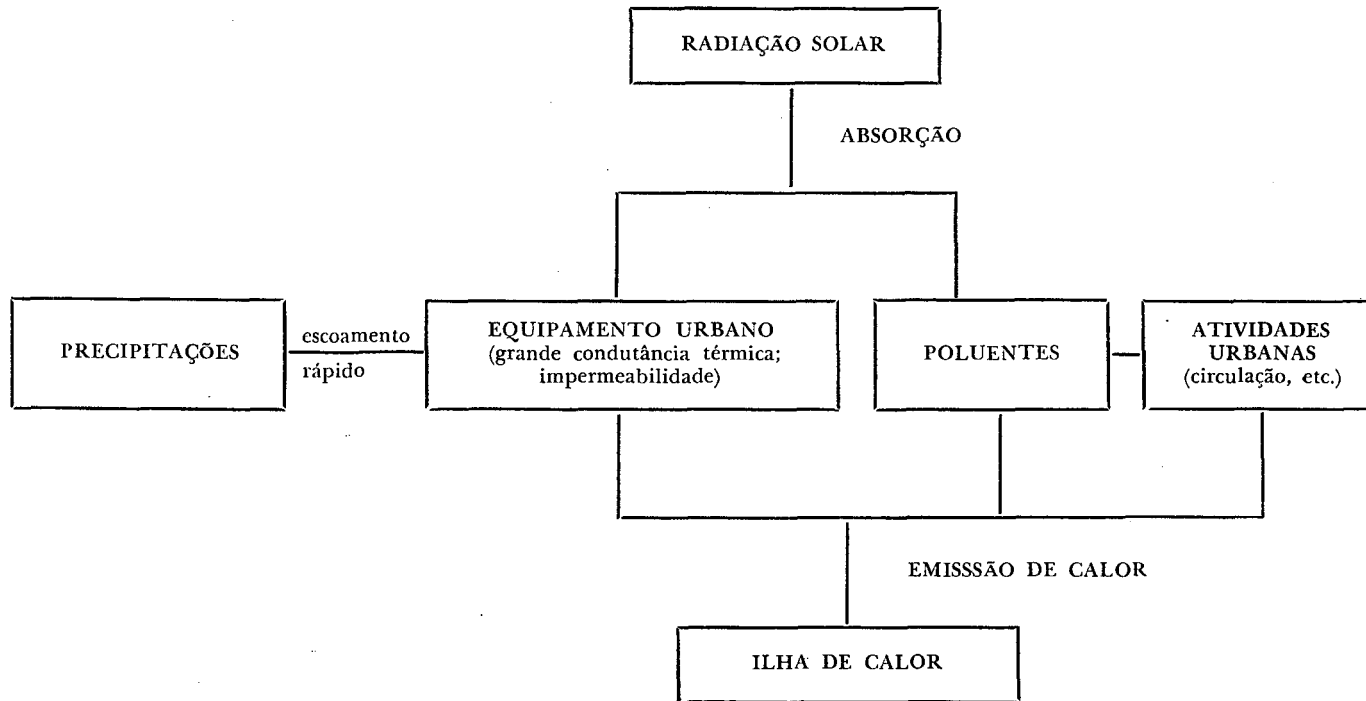
À guisa de conclusão, restam algumas indagações a serem esclarecidas:

1 — Até que ponto o “modelo” elaborado é válido para outras regiões?

2 — Como atuariam, exatamente, a estrutura e as atividades urbanas das cidades tropicais em interação com os fenômenos meteorológicos?

3 — É sensível que “devem” existir as ilhas de calor nas cidades tropicais; mas como seriam elas?

AÇÃO DA ESTRUTURA E DO EQUIPAMENTO DO "CENTRAL BUSINESS DISTRICT"
DA CIDADE NA GÊNESE DA "ILHA DE CALOR"
(DIAGRAMA LINEAR)



BIBLIOGRAFIA

- CHANDLER, T. J. — "The Climate of London", Londres, Hutchinson & Co., 292 págs., 1965.
- GEIGER, Rudolf — "The climate near the ground", Cambridge, Harvard University Press, 482 págs., 1950.
- LANDSBERG, H. E. — "The Climate of Towns", in "Man's role in changing the face of the Earth" (ed. William Thomas), The University of Chicago Press, págs. 584-606, 1956.
- LOWRY, W. P. — "Weather and Life — An Introduction to Biometeorology", New York, Academic Press, 305 págs., 1969.
- "The Climate of Cities", in "Cities, their origin, growth and human impact" (ed. Kingsley Davis), San Francisco, reeditado por Scientific American, W. H. Freeman & Co., 1973, págs. 141-151, 1967.
- MUNN, R. E. — "Descriptive Micrometeorology", New York, Academic Press, 245 págs. (Advances in Geophysics, Supplement I), 1966.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES — NATIONAL RESEARCH COUNCIL — "Weather and Climate Modification, Problems and Prospects", vol. II, Research and development, Washington, Pub. n.º 1350, 198 pág. (Final Report of the Panel on Weather and Climate Modification to the Committee on Atmospheric Sciences), 1966.
- OKE, T. R. — "City size and the urban heat island", in "Conference on Urban Environment and Second Conference on Biometeorology Sponsored by the American Meteorological Society", Philadelphia, A.M.S., págs. 144-146, out./nov., 1972.
- PETERSON, James T. — "The climate of cities : a survey of recent literature", National Air Pollution Control Administration, Publication N.º AP-59, Raleigh, 48 págs., 1969.
- SEKIGUTI, Tekeshi — "City Climate Distribution in and around the small city of Ina in Central Japan", Tokyo Geography Papers, vol. 8, págs. 93-104, 1964.
- YAMADA, Tetsuji — "Urban heat island effects on air pollution", in "Conference on Urban Environment", págs. 99-105, 1972.

A Dinâmica do escoamento fluvial

ANTÔNIO CRISTOFOLETTI

O escoamento nos canais fluviais apresenta diversas características dinâmicas, que se tornam responsáveis pelas qualidades atribuídas aos processos fluviais. A dinâmica do escoamento, no que se refere à perspectiva geomorfológica, ganha significância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito.

Carregando água e detritos dos continentes para os oceanos, as redes hidrográficas são as principais vias para o transporte dos produtos elaborados pela meteorização. Ao realizar essa função, a água que flui das terras para os mares forma e mantém um sistema altamente organizado que, em virtude da quantidade de variáveis e das suas inter-relações, se torna difícil apresen-

A dinâmica do escoamento, no que diz respeito à perspectiva geomorfológica, é de fundamental importância para o estudo da atuação exercida pelas águas sobre os sedimentos do leito fluvial, nos mecanismos deposicionais e na assim como no transporte dos sedimentos, nos mecanismos depressionários e na esculturação da topografia do leito. Neste trabalho, o Prof. Antônio Christofolletti estuda essa função das águas, detendo-se preliminarmente na apresentação de determinadas noções sobre os fluidos. Prosseguindo em seus estudos, o autor, juntamente com o Prof. Archimedes Perez Filho, elaborou outro artigo "para verificar a probabilidade de ocorrência e a visibilidade da população composta por valores do índice entre o comprimento e a área." Em seu terceiro trabalho, em co-autoria com o Prof. Ademir Luiz Cesar, coletaram 18 bacias hidrográficas, localizadas na Região Centro-Meridional Paulista, com a finalidade de verificar o relacionamento entre o equivalente vetorial e o comprimento das bacias estudadas.

tar uma descrição completa e simultânea do funcionamento nos canais naturais. Entretanto, para a compreensão da dinâmica das águas torna-se necessário apresentar algumas noções sobre os fluidos.

I. OS TIPOS DE FLUXOS

Duas forças externas principais atuam sobre água fluindo em canais abertos: gravidade e fricção.

A *força de gravidade* atua verticalmente e possibilita o escoamento das águas das partes mais altas para as mais baixas. Como a declividade da superfície da água é comparada ao plano inclinado, a força exercida pela gravidade é a componente tangencial do peso da

água¹. A *fricção* exercida pelas superfícies delimitantes do canal no escoamento do fluido promove ação de retardamento, cuja direção é contrária a do fluxo. Nos rios, por exemplo, essa resistência é exercida pelo leito e margens e, em menor proporção, pela interface água-ar. Como a fricção tende a separar películas de água, ela recebe o nome de *força de cisalhamento* (shearing stress). Essa força também é atuante na superfície de contato entre duas camadas de água que escoam com velocidades diferentes.

Nos canais abertos ocorrem diversos tipos de fluxos que, conforme a característica envolvida, são denominados de laminar e turbulento, uniforme e não-uniforme, estável e instável.

O *fluxo laminar* ocorre quando a água escoar ao longo de canal reto, suave, a

baixas velocidades, fluindo em camadas paralelas acomodadas umas sobre as outras. Cada partícula do fluido movimenta-se numa trajetória determinada com velocidade uniforme, e não há difusão entre as camadas do fluxo. A mistura que acontece nas interfaces é feita por forças viscosas e na escala molecular. Como não há difusão nem mistura, as trajetórias dos movimentos do fluido são paralelas e individuais, e esse tipo de fluxo não pode manter partículas sólidas em suspensão e, praticamente, não é encontrado nos cursos naturais. Observações experimentais indicam que uma película delgada do fluido em contacto com a superfície delimitante do canal, em virtude da fricção, se encontra tão completamente retardada que a sua velocidade é zero². Embora atuante, a força de cisalhamento entre duas camadas não é

¹ A força de gravidade atua verticalmente sobre as partículas, expressando-se pelo peso dessa partícula. Em relação a qualquer plano inclinado, há componente tangencial da força gravitacional que procura movimentar as partículas paralelamente ao referido plano inclinado. Essa força tangencial é proporcional ao seno do ângulo de inclinação multiplicado pela massa da partícula. A componente normal da força de gravidade atua perpendicularmente à superfície do plano inclinado, procurando prender as partículas sobre ele. Esta componente normal é proporcional ao cosseno do ângulo de inclinação multiplicado pela massa (peso) da partícula. Se a partícula permanece imóvel, é óbvio que a componente normal é superior à força exercida pela componente tangencial. O inverso acontece quando a partícula começa a se movimentar em direção a jusante.

² A película de velocidade nula, no contato com a superfície delimitante, é denominada de *subcamada laminar*. A espessura dessa camada está relacionada com a rugosidade da superfície,

sendo teoricamente considerada como $z_0 = \frac{1}{30} d$, onde d representa o diâmetro da

partícula no sedimento em que 65% do material é mais fino que ela. Alguns valores experimentais para a espessura da camada laminar com velocidade zero (z_0) foram obtidos e reunidos por Sellers (1965, p. 150; vide também Carson, 1971, pp. 22) :

Tipo de Superfície	z_0 (cm)	Fonte
Fundo argiloso suave	0,001	Deacon (1953)
Leito lacustre dessecado	0,003	Vehrencamp (1951)
Deserto suave	0,03	Deacon (1953)
Gramíneas de 5-6 cm	0,75	Covey e al. (1958)
Gramíneas de 60-70 cm	8 - 15	Deacon (1953)
Floresta de abetos 500 cm	280	Baumgartner (1956)

A espessura da subcamada laminar e as suas relações com o tamanho das partículas determinam a *rugosidade do fluxo*. Se a altura das partículas é menor que a espessura da subcamada laminar, o fluxo suave estender-se-á até alturas maiores na coluna de água. Entretanto, se muitas partículas (dos sedimentos) são maiores, ultrapassando a espessura da subcamada laminar, o fluxo é rugoso. Como estas condições são as mais comuns nos leitos fluviais, verifica-se que a zona de turbulência e de mistura máxima estão nas proximidades da camada basal.

tão efetiva como a observada entre o fluido e a superfície limitante do canal. Como resultado, o perfil da velocidade no fluxo laminar tende a crescer à medida que aumenta a distância em relação ao fundo do canal. A camada na qual a velocidade é máxima localiza-se

logo abaixo da superfície da água. Dessa maneira, a força de cisalhamento (τ , tau) pode ser calculada levando-se em conta a velocidade e a distância de cada camada (figura 1), sendo máxima na superfície do leito e diminuindo progressivamente, através da fórmula:

$$\text{cisalhamento} = \text{viscosidade} \frac{\text{diferença de velocidade}}{\text{diferença de distância}} = \tau \frac{dv}{dy}$$

O *fluxo turbulento* é caracterizado por uma variedade de movimentos caóticos, heterogêneos, com muitas correntes secundárias contrárias ao fluxo principal para jusante. Em virtude da movimentação, há difusão e mistura constante entre as camadas, e partículas de menor velocidade penetram em camadas mais velozes, e vice-versa. As velocidades das camadas são mutáveis ao longo do tempo, do perfil transversal e do longitudinal, fluuando de maneira aleatória em todas as direções. A dissipação de energia é elevada devido às trocas constantes de massas de fluidos entre zonas vizinhas de fluxo. A fricção ou resistência ao fluxo aumenta de modo considerável e a força de cisalhamento cresce, aproximadamente, com o quadrado da velocidade.

Os fatores que afetam a velocidade do fluido, permitindo que o fluxo laminar se torne turbulento, são a viscosidade e a densidade do fluido, a profundidade da água e a rugosidade da superfície do canal. A distinção entre fluxos laminar e turbulento é feita através da aplicação do *número de Reynold* (R_n), estabelecendo-se valores críticos para as diversas categorias. No seu cálculo são utilizadas características do fluxo (velocidade, profundidade e largura) e propriedades do fluido (densidade e viscosidade), da seguinte maneira:

$$R_n = \frac{VR \rho}{\mu}$$

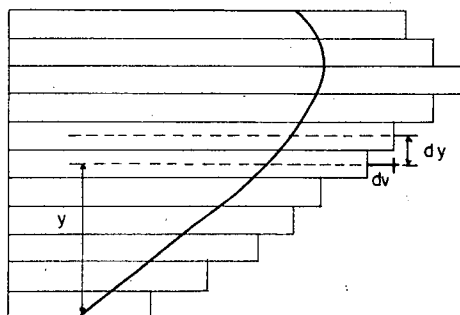


Fig. 1 — Perfil vertical teórico da velocidade no fluxo laminar, com camadas de água fluindo paralelamente.

onde R_n = número de Reynold

V = velocidade

R = raio hidráulico

ρ = densidade

μ = viscosidade

O raio hidráulico representa a área transversal do canal dividida pelo perímetro úmido. A densidade (ρ , rho) é a quantidade de massa por unidade de volume, e nos fluidos ela sofre variações conforme as temperaturas. A viscosidade (μ , mi) é a propriedade que os fluidos possuem de oferecer resistência às deformações. Quanto mais viscoso o fluido mais alta será a velocidade crítica necessária para o fluxo tornar-se turbulento. Relacionando a densidade

e a viscosidade ($\frac{\mu}{\rho}$) obtemos a *visco-*

sidade molecular cinemática (τ , tau), que mede a interferência entre camadas adjacentes do fluido durante o fluxo, sendo influenciada pela temperatura e pressão, mas não pela velocidade ou tipo de fluxo. A tabela 1 apresenta informações sobre a densidade e a viscosidade molecular cinemática da água, em temperaturas diferentes e sob pressão atmosférica padrão.

Usando da viscosidade molecular cinemática na fórmula anterior, o cálculo do número de Reynold torna-se igual a

$$R_n = \frac{V \cdot R}{\tau}$$

Tabela 1 — Densidade e viscosidade molecular cinemática da água, sob pressão atmosférica padrão, em diferentes temperaturas (Cf Carson, 1971).

Temperatura °C	Densidade ($L \times 10^3$) g cm ⁻³	Viscosidade Molecular Cinemática, $\nu \times 10^2$ (cm ⁻² s ⁻¹)
0	1.000	1.80
4,5	1.000	1,55
10	1.000	1,31
15,5	999	1,14
21	998	0,98
26,5	997	0,86

Considerando que o grau de turbulência pode ser diretamente descrito pelo número de Reynold, foram fixados os seguintes limites para os fluxos:

- menor que 500 = fluxo laminar
- entre 500 e 2500 = ocorre tanto o laminar como o turbulento
- maior que 2500 = fluxo turbulento

O fluxo em rio é turbulento e pode-se classificá-lo em duas categorias; corrente e encachoeirado. O fluxo *turbulento corrente* é o comumente encontrado

nos cursos fluviais, enquanto o fluxo *turbulento encachoeirado* ocorre nos trechos de velocidades mais elevadas, tais como nas encontradas nas cachoeiras e nas corredeiras, implicando na possibilidade de aumento na intensidade da erosão. A determinação para se verificar se o fluxo é corrente ou encachoeirado é fornecido pelo *número de Froude* (F), cuja fórmula é a seguinte:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

onde V é a velocidade média, g é a força de gravidade e D é a profundidade da água. Se o número de Froude (F) é menor que 1, o rio está no regime de fluxo tranqüilo, corrente; se F for maior que 1,0, o rio está no regime de fluxo rápido, encachoeirado. A profundidade e a velocidade são os elementos principais que determinam o estado do regime turbulento. Quando o fluxo de um curso fluvial se modifica do corrente para o encachoeirado, a velocidade aumenta consideravelmente e ocorre um abaixamento do nível superficial da água. Quando a velocidade é diminuída, há a passagem do fluxo encachoeirado para o corrente e elevação do nível superficial da água causando ondas estacionárias e consequências sobre as águas a montante.

O *fluxo uniforme* estabelece-se quando a magnitude e a direção da velocidade não se modificam ao longo do comprimento do canal, conservando sempre a mesma profundidade. Quando ocorrem variações na velocidade e na profundidade ao longo do canal, o fluxo torna-se *não uniforme*. O *fluxo estável ocorre* quando, em determinado ponto do canal, a profundidade não se modifica com o decorrer do tempo. Pressupondo a existência de fluxo estável e uniforme, a quantidade de água que passa através dos sucessivos

perfis transversais de um canal permanece constante, pois:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = \dots = A_n \cdot V_n = Q$$

onde A = área transversal do canal;
 V = velocidade média e Q = débito.

II. A VELOCIDADE E SUA DISTRIBUIÇÃO NO CANAL

No escoamento em canais abertos duas forças paralelas são atuantes:

— a força do peso da água (F_a), calculada como sendo

$$F_a = A \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

onde A = área da secção transversal

L = comprimento do canal

S = declividade do canal

ρ = densidade da água

g = aceleração da gravidade

— força de fricção (F_c), calculada como sendo

$$F_c = \tau \cdot L \cdot P$$

onde L = comprimento do canal

P = perímetro úmido

τ = força de cisalhamento por unidade de área

A força de cisalhamento por unidade de área (τ) também é designada como “força trativa por unidade de área” e pode ser calculada como sendo igual a $\tau = \rho ghS$, na qual h é a profundidade média do canal (também correspondendo ao valor do raio hidráulico). Quando a força do peso da água e a força de fricção são iguais, não há ace-

leração do fluxo e a velocidade permanece constante, pois

$$A \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot S = \tau \cdot L \cdot P$$

Considerando que A/P é igual ao raio hidráulico (R), temos:

$$\tau = \rho gRS = \gamma RS$$

onde γ representa o peso específico (peso por unidade de volume, onde γ (gama) = ρg). Desta maneira, a força de cisalhamento por unidade de área do canal delimitante é proporcional ao produto da profundidade média (= raio hidráulico) e declividade. Neste contexto, a declividade representa, em direção a jusante, a taxa de perda da energia potencial através da fricção.

Na dinâmica do escoamento há uma resistência ao fluxo, que pode ser definida como:

$$\text{Resistência} = \frac{\tau}{v^2}$$

onde τ = força de cisalhamento por unidade de área

V = velocidade média do fluxo.

Para superar essa resistência, o fluxo deve possuir uma velocidade crítica, denominada *velocidade de cisalhamento* (V_c), que corresponde a:

$$V_c = \sqrt{\gamma RS}$$

Duas outras maneiras de se considerar as influências exercidas pela força de cisalhamento sobre a velocidade são representadas pelas equações de Chézy e de Manning. A equação de Chézy considera a velocidade como sendo proporcional à raiz quadrada do produto do raio hidráulico e declividade, sendo

expressa como $V = C \sqrt{RS}$, onde C é o coeficiente de Chèzy ³.

A fórmula de Manning, baseada em determinações experimentais e de campo sobre os valores do coeficiente de resistência, expressa-se como:

$$V = 1,50 \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}, \text{ em unidades inglesas}$$

$$V = 1 \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}, \text{ em unidades métricas}$$

onde n é o coeficiente de rugosidade de Manning. A tabela 2 reúne os valores desse coeficiente para diversas condições de rugosidade da superfície ⁴.

Tabela 2 — Valores do coeficiente de rugosidade de Manning (n) para canais naturais (Cf. Ven Te Chow, 1959)

Tipo de Canal	Valores		
	Mínimo	Normal	Máximo
1 Canais em planícies			
— limpos, retos, sem depressões profundas	0,025	0,030	0,033
— limpos, sinuosos, algumas depressões e soleiras	0,033	0,040	0,045
— trechos lentos, vegetação aquática, depressões profundas	0,050	0,070	0,080
2 Canais em montanhas			
— leito com pedregulhos, cascalhos e poucos matações	0,030	0,040	0,050
— leito com cascalhos e grandes matações	0,040	0,050	0,070
3 Planícies de inundação			
— pastagens, gramíneas curtas	0,025	0,030	0,035
— cultivada, sem colheita	0,020	0,030	0,040
— cultivada, colheita maduras	0,030	0,040	0,050
— vegetação média a densa no inverno	0,045	0,070	0,110
— vegetação média a densa no verão	0,070	0,100	0,160

³ Estabelecendo uma comparação entre as equações de Chèzy e de Manning, Simons (1969, p. 309) mostra que o coeficiente de Chèzy (C) corresponde a:

$$C = 1,5 \left(\frac{R^{1/6}}{n} \right)$$

onde R é o raio hidráulico e n o coeficiente de rugosidade de Manning.

⁴ Diversos pesquisadores assinalam que o coeficiente de rugosidade de Manning (n) foi desenvolvido empiricamente como permanecendo constante para determinadas condições da superfície delimitante do canal, independente da influência de outros fatores. Entretanto, a forma do canal (declividade, comprimento e profundidade), o número de Reynold e a rugosidade possuem influências sobre os valores de n . Por outro lado, as formas topográficas do leito do canal, como tamanho, padrão e espaçamento das formas, sofrem variações nos trechos aluviais, redundando em influências nos valores de n . Apesar dessas restrições, o coeficiente de rugosidade de Manning é amplamente utilizado (vide considerações de Leopold, Walman e Miller, 1964, e de Simons — 1969).

A distribuição da velocidade das águas de um rio varia de um lugar a outro, no sentido vertical, transversal e longitudinal. De modo geral, a velocidade da água num rio diminui da superfície para o fundo e do centro para as margens.

O perfil de distribuição das velocidades na vertical mostra que a velocidade média se localiza aproximadamente a 0,6 da profundidade, a contar da superfície, podendo ser melhor determinada através da média das velocidades obtidas a 0,2 e 0,8 da profundidade (figura 2). A forma da curva de

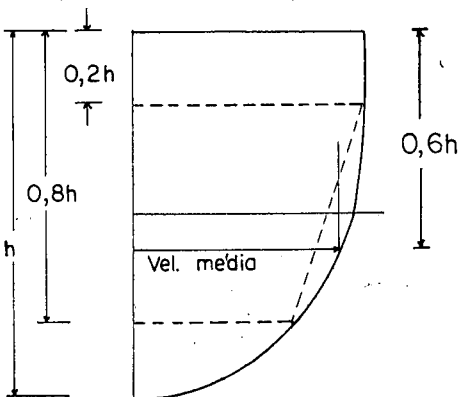


Fig. 2 — Posição relativa das profundidades principais para a mensuração da velocidade média do fluxo.

distribuição das velocidades depende da rugosidade do leito do canal e, devido às forças de cisalhamento, as velocidades mínimas estão próximas do leito, enquanto a máxima se situa nas

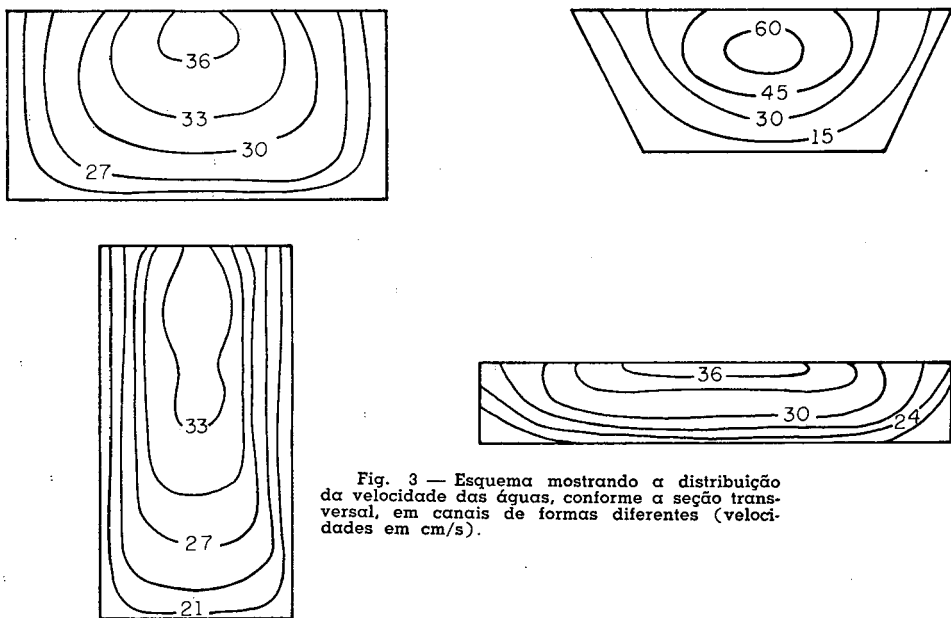


Fig. 3 — Esquema mostrando a distribuição da velocidade das águas, conforme a seção transversal, em canais de formas diferentes (velocidades em cm/s).

proximidades da superfície. A tabela 3 exemplifica o problema das variações da velocidade e as implicações na medição do débito fluvial.

No perfil transversal, a parte de maior velocidade localiza-se abaixo do nível superficial, enquanto as de menor se situam próximas às paredes laterais e ao fundo. As velocidades variam, em sua distribuição, conforme a forma e a sinuosidade dos canais (figura 3). J. B. Leighley (1934) discutiu a distribuição da turbulência e da velocidade nos cursos fluviais, assinalando que nos canais simétricos a velocidade máxima da água está abaixo da superfície e centralizada. A partir do centro, lateralmente, estão dispostos setores de velocidades moderadas, mas de alta turbulência, essas sendo maiores nas proximidades do fundo. Nas partes próximas às paredes e ao fundo, o fluxo apresenta baixas velocidades. Nos canais assimétricos, a zona de máxima velocidade desloca-se do centro para o lado de águas mais profundas, enquanto os setores de máxima turbulência apresentam comporta-

mento diferente, elevando-se o do lado mais raso e rebaixando-se o do lado mais profundo (figura 4). Isso explica, com facilidade, o deslocamento lateral que se verifica na distribuição das velocidades nos canais meandantes.

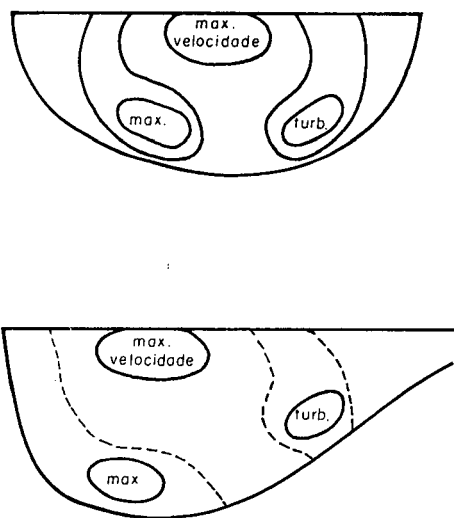


Fig. 4 — Gráficos transversais assinalando a distribuição das zonas de velocidades e turbulências máximas em canais simétricos (A) e dissimétricos (B), conforme as observações de Leighley (1934).

TABELA 3 — Exemplo das variações verticais e laterais da velocidade do fluxo de um canal fluvial (cf. Simons, 1969)

Distância da Margem	Profundidade	Profundidade da Observação	Velocidade no Ponto	Velocidade Média na Vertical	Velocidade Média na Seção	Área	Profundidade Média	Largura	Débito
0	0	0	0	0					
2	1,70	0,35 1,35	1,52 1,60	1,56	0,78	1,70	0,85	2	1,33
4	2,70	0,54 2,16	1,91 1,88	1,89	1,73	4,40	2,20	2	7,61
8	4,20	0,84 3,36	2,35 2,19	2,27	2,08	13,80	3,45	4	28,70
10	4,40	0,88 3,52	2,41 2,34	2,38	2,33	8,60	4,30	2	20,10
12	4,00	0,80 3,20	2,31 2,40	2,36	2,37	8,40	4,20	2	19,94
16	2,80	0,56 2,24	1,92 1,57	1,74	2,05	13,60	3,40	4	27,90
18	1,50	0,30 1,20	1,35 1,13	1,24	1,49	4,30	2,15	2	6,41
20	0	0	0	0	0,62	1,50	0,75	2	0,93

débito total = 112,90

III. O GASTO DE ENERGIA NOS CANAIS NATURAIS

A turbulência e a velocidade das águas estão intimamente relacionadas com o trabalho que o rio executa, isto é, erosão, transporte e deposição dos detritos. Na execução desse trabalho, das nascentes até a foz, há gasto contínuo de energia ao longo do canal.

Se considerarmos as linhas de fluxo como sendo paralelas e de velocidades iguais à média, a energia de cada ponto pode ser descrita pela equação de Bernoulli, representada por:

$$E = z + h + \frac{v^2}{2g}$$

onde E = energia contida no ponto sob consideração

h = profundidade do fluxo

v = velocidade do fluxo

g = aceleração da gravidade

z = distância entre o fundo do leito e a superfície de referência

Como a velocidade média é igual ao débito (Q) dividido pela área da seção transversal (A), pode-se escrever que:

$$E = z + h + \frac{v^2}{2gA^2}$$

Desta maneira, a quantidade E representa a energia expressa como uma altitude acima do fundo do rio. A distribuição da energia longitudinalmente ao curso d'água é definida pela *linha de energia* ou *gradiente de energia* (figura 5).

A superfície da água corresponde ao gradiente hidráulico. O gradiente de energia está situado acima do gradiente hidráulico, numa distância igual à da altura da velocidade (*velocity head*), que corresponde a $v^2/2g$. A declividade do gradiente de energia para um determinado comprimento do canal representa a perda de energia, por fricção, ou por fricção e outras influências. A relação do gradiente de energia com o gradiente hidráulico reflete a perda de energia e a conversão entre energia potencial e cinética. Quando o

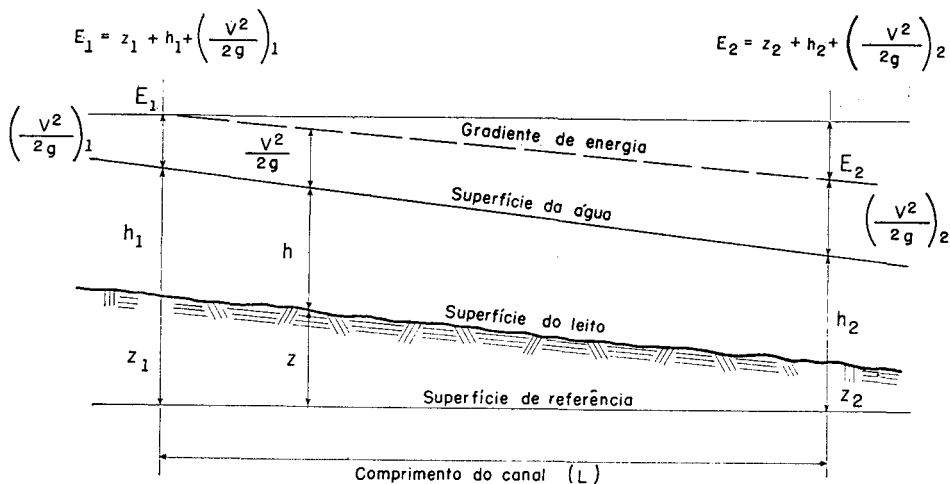


Fig. 5 — Esquema de um trecho de canal, assinalando os conceitos básicos para se calcular a energia disponível em cada ponto.

fluxo é uniforme, os gradientes são paralelos e a declividade da superfície da água representa o gradiente da perda de energia pela fricção. No fluxo acelerado, o gradiente hidráulico é mais inclinado que o gradiente de energia, indicando uma conversão progressiva da energia potencial para a cinética. No fluxo retardado, o gradiente de energia é mais inclinado que o gradiente hidráulico indicando uma conversão da energia cinética em potencial.

Em determinado trecho do canal, de comprimento L , a declividade média do gradiente de energia é obtida pela diferença altimétrica entre os dois pontos terminais dividida pelo comprimento. A posição altimétrica é calculada em função de uma referência comum (figura 5). Se no referido trecho as perdas ocorrem simplesmente por fricção (E_f), pode-se escrever que:

$$E_f = \frac{S_2 + S_1}{2} \cdot L$$

onde S_1 e S_2 são as declividades do gradiente de energia nos pontos terminais do trecho de comprimento L .

A energia potencial é convertida, no fluxo, em energia cinética que, por sua vez, é grandemente dissipada em calor e fricção. Calcula-se que a maior parte da energia de um rio é consumida em calor (95%). O restante, excluída a gasta na fricção, é empregado no trabalho, e a energia disponível pode ser aumentada se a fricção for diminuída pela suavização, ou retificação ou pela redução do perímetro úmido. A *energia potencial* é igual ao peso da água multiplicado pela diferença altimétrica entre dois pontos no trecho em que a energia está sendo calculada e a *energia cinética* é igual à metade da massa de água multiplicada pelo quadrado da velocidade em que a água está se movendo. Como consequência, a energia total é influenciada principalmente pela velocidade. Essas relações podem ser expressas pelas seguintes fórmulas:

$$E_p = W \cdot h$$

$$E_k = \frac{M \cdot V^2}{2}$$

$$E_t = E_p = E_k$$

onde E_p = energia potencial; E_k = energia cinética; E_t = energia total; W = peso da água; h = diferença altimétrica entre dois pontos; M = massa de água e V = velocidade.

Diversos elementos causam resistência ao fluxo e promovem a perda de energia, destacando-se a rugosidade da superfície limitante e áreas discretas de dissipação de energia nas curvas, junções ou protuberâncias. Cada um desses elementos provoca defleções no fluxo, promovendo a dissipação de energia pelas correntes secundárias, mistura e aumento da taxa de cisalhamento.

Os tipos de resistência observados nos canais abertos podem ser classificados em três tipos (Leopold, Walman e Miller, 1964, pp. 162):

a) *resistência pelicular*, que depende da forma e tamanho da seção transversal, do quadrado da velocidade e da rugosidade da superfície delimitante. Nos canais naturais essa resistência é muito influenciada pelo tamanho e características do material do leito e das margens do canal;

b) *resistência das distorções internas*, causada pelas protuberâncias e saliências discretas que promovem turbulência e circulação secundária, sendo representada nos cursos fluviais pelas barras, curvas, matacões, ondulações do leito e protuberâncias das margens;

c) *resistência difusa*, que ocorre em determinados locais sob condições específicas. A energia é dissipada por turbulência e ondas locais quando súbita redução da velocidade é forçosamente imposta sobre o fluxo. A queda de blocos das margens sobre o canal e as curvas fechadas dos canais são exemplos causadores deste tipo de resistência.

Deve-se lembrar que nos rios que carregam sedimentos, a resistência provocada pelos barras, soleiras e dunas é

função da taxa de sedimentos transportados. A resistência causada pelo alinhamento e curvaturas do canal não pode ser separada dos demais tipos de resistência. As experiências de laboratório mostraram que as curvaturas do canal podem ocasionar gasto de energia da mesma ordem de grandeza da fricção pelicular. Onde as curvas são fechadas (pequeno raio de curvatura em relação à largura do canal), a resistência oferecida pela curvatura pode ser duplicada em relação à resistência pelicular.

IV. A INFLUÊNCIA DA FORÇA DO FLUIDO SOBRE AS PARTÍCULAS

As partículas assentadas no leito do canal exercem sobre as partículas subjacentes uma força vertical igual ao seu peso imerso. Como os canais naturais apresentam declividades, o peso imerso resulta da interação entre a componente normal à superfície do leito e a componente tangencial ao leito e dirigida para jusante. Para movimentar determinada partícula há necessidade de força suficiente para superar a exercida pela componente normal do peso imerso.

A força necessária para carregar uma partícula é chamada de *força trativa crítica* (ou força de cisalhamento), e a velocidade na qual essa força atua sobre determinada declividade corresponde à *velocidade de erosão*. É evidente que quanto maior for o diâmetro da partícula maior será a força necessária para movimentá-la. A força de cisalhamento por unidade de área (τ) corresponde ao produto do raio hidráulico (ou profundidade da água) e declividade, de maneira que:

$$\tau = \gamma RS$$

onde τ = peso específico da água
 R = raio hidráulico
 S = declividade do canal

Quando uma partícula está prestes a ser movimentada, a força crítica encontra-se equilibrada pelo seu peso imerso, onde

$$\tau_c = \eta \frac{\pi}{6} (\sigma - \rho) g R$$

na qual τ_c = força crítica de cisalhamento

η = (eta) que corresponde ao número de partículas (n) numa área multiplicado pelo quadrado do diâmetro ($\eta = nd^2$). Esse valor é a medida do ajustamento das partículas no leito.

σ = densidade da partícula

ρ = densidade do fluido

g = aceleração da gravidade

R = raio hidráulico

S = declividade do canal

Observações mostraram que a força de cisalhamento (produto da profundidade e declividade) é decisiva para iniciar o movimento de partículas pequenas, enquanto a velocidade do fluxo é mais importante para o carregamento das partículas maiores (Morisawa, 1968, p. 48). A força necessária para iniciar o movimento da carga do leito é, portanto, função do tamanho do material aluvial. O diâmetro da maior partícula que um rio pode movimentar como carga do leito corresponde à sua competência.

Ao comparar a velocidade crítica e o diâmetro das partículas, Bagnold (1953) elaborou gráfico significativo (figura 6), que assinala aspecto importante referente ao início da erosão pela água. Para as partículas menores que determinam tamanho crítico, os valores da velocidade necessária aumentam à

medida que as partículas se tornam menores. Para a água, por exemplo, há relação inversa entre o tamanho das partículas inferiores a 0,3 mm e a velocidade crítica necessária à sua movimentação. A explicação baseia-se no fato de que, com as partículas mais finas, a rugosidade do leito se torna menor, diminuindo a turbulência, e o diâmetro das partículas não ultrapassam a espessura da subcamada laminar. Para que haja inclusão no fluxo turbulento, há um tamanho crítico necessário calculado como sendo, aproximadamente, 0,7 mm (Carson, 1971, p. 31). Para as partículas inferiores a esse valor limite crítico, a força necessária para movimentá-las deve ser elevada, pois elas estão submersas na subcamada laminar.

Quando a partícula é movimentada, há soerguimento em relação à superfície do leito e ela se incorpora ao fluxo do fluido. A força de soerguimento diminui rapidamente, desaparecendo quase

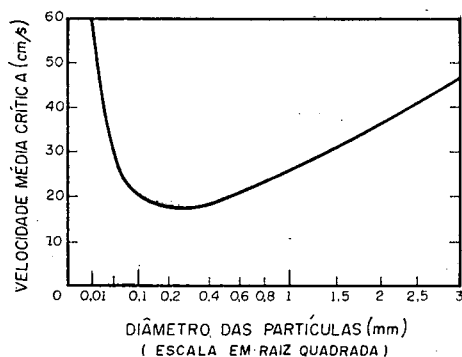


Fig. 6 — Variação da velocidade média crítica da água em relação ao diâmetro das partículas (segundo Bagnold, 1953).

por completo na distância de 2,5 cm do leito (Carson, 1971, p.33). Havendo diminuição da força de soerguimento, se não houver força da turbulência suficiente para mantê-las suspensas e integradas no fluxo, as partículas tendem a cair e se depositar e, ao atingirem as proximidades do fundo, novamente

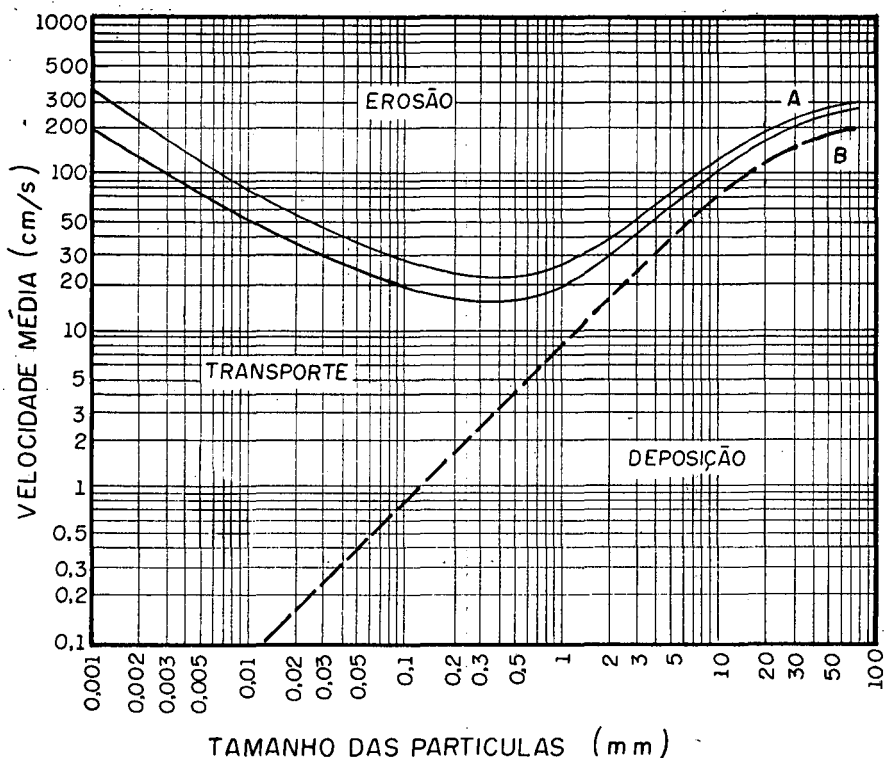


Fig. 7 — Gráfico assinalando as variações entre a velocidade média e o tamanho das partículas, e suas relações com os grandes grupos de processos fluviais (conforme Hjulstrom, 1935).

podem ser movimentadas pela força de soerguimento. Esse processo apresenta explicação lógica para a movimentação das partículas através da *saltação* ao longo do escoamento do fluido. Quando a força de turbulência mantém e conserva as partículas acima da superfície do leito, há o transporte através da *suspensão*.

Em 1935 Hjulstrom publicou importante trabalho mostrando o relacionamento entre a erosão e deposição dos detritos, em função do diâmetro das partículas e da velocidade crítica (figura 7). As linhas demarcatórias da erosão e sedimentação devem ser entendidas como faixas, porque as velocidades variam conforme as características da água e das partículas. Partículas de tamanhos iguais, mas com densidades diferentes, requerem velo-

cidades e forças diferentes para serem movimentadas ou depositadas. Considerando que as linhas elaboradas por Hjulstrom são suficientes para esquematisar as relações entre a erosão, transporte e sedimentação Morisawa (1968, p. 51) assinala dois aspectos importantes: a) areias são erodidas mais facilmente, enquanto siltes, argilas e cascalhos são mais resistentes. Os grãos mais finos são resistentes em virtude das forças coesivas de ajustagem e da fraca rugosidade do leito, enquanto os cascalhos são difíceis de serem movimentados em virtude do tamanho e peso das partículas; b) desde que os siltes e argilas sejam movimentados, essas partículas podem ser transportadas sob velocidades muito mais baixas. Por exemplo, partículas de 0,01 mm de diâmetro são movimentadas sob velocidades críticas de aproximadamente

60 cm/s, mas conservam-se em movimento até em velocidades inferiores a 0,1 cm/s.

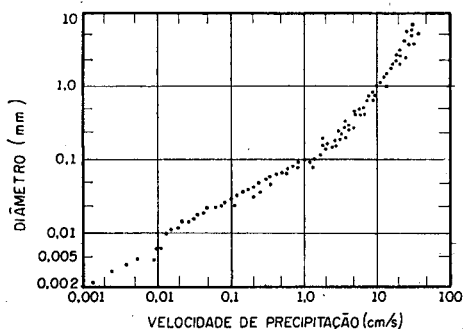


Fig. 8 — Relações entre a velocidade de precipitação e o diâmetro das partículas para sedimentos arenosos (conforme Lane, 1938).

A velocidade de deposição depende principalmente do tamanho e densidade da partícula, porque os demais fatores (gravidade, viscosidade e densidade da água) são constantes para um determinado tempo e lugar no canal. Embora elaborado em função das partículas arenosas, a figura 8 mostra a distribuição da velocidade deposicional em relação ao diâmetro das partículas, cujos dados foram coletados por Lane (1938) através de experimenta-

ções. De modo geral, a velocidade aumenta regularmente conforme o diâmetro até as partículas de tamanho igual a 0,1 mm, quando há uma ruptura na curva da distribuição. Para as partículas de tamanho superior a 0,1 mm, a velocidade aumenta com intensidade menor. A curva assinala, também, que a velocidade necessária para conservar as partículas arenosas em movimento se altera no ponto representado pelo tamanho de 0,1 mm. As partículas de tamanho inferior a 0,1 mm se depositam com velocidades que variam conforme o quadrado do diâmetro da partícula; as de tamanho superior a 0,1 mm se depositam com velocidades que variam proporcionalmente conforme a raiz quadrada do diâmetro da partícula.

Em conjunto, verifica-se que a dinâmica do escoamento fluvial fornece informações básicas para a compreensão das forças atuantes no funcionamento do processo morfogenético fluvial, em qualquer das fases tradicionalmente distinguidas no trabalho executado pelos rios, ou seja, da erosão, transporte e sedimentação.

BIBLIOGRAFIA

- BAGNOLD, R. A. — (1953) — *The physics of blown sand and desert dunes*. Methuen & Co., Londres.
- CARSON, M. A. — (1971) — *The mechanics of erosion*. Pion Limited, Londres.
- CHOW, Ven Te — (1959) — *Open-channel hydraulics*. McGraw Hill Book Co., New York.
- CHOW, Ven Te — (1964) — *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Co., New York.
- GREGORY, K. J. e Walling, D. E. — (1973) — *Drainage basin form and process*. Edward Arnold, Londres.
- HJULSTROM, F. — (1935) — Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala*, 25 : 221-527.

- LANE, E. W. — (1938) — Notes on formation of sand. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 18 : 505-508.
- LEIGHLEY, J. B. — (1934) — Turbulence and the transportation of rock debris by streams. *Geographical Review*, 24 : 453-464.
- LELIAVSKY, S. — (1966) — *An introduction to fluvial hydraulics*. Dover Publications, New York.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. e MILLER, J. P., — (1964) — *Fluvial processes in Geomorphology*. W. H. Freeman & Co., San Francisco.
- MORISAWA, M. — (1968) — *Streams their dynamics and morphology*. McGraw Hill Book Co., New York.
- SCHEIDEgger, A. E. — (1970) — *Theoretical Geomorphology*. Springer Verlag, Berlin.
- SIMONS, D. B. — (1969) — "Open channel flow". In *Water, earth and man*" (Chorley, R. J., coordenador). Methuen & Co., Londres, pp, 297-318.
- SIMONS, D. B. e RICHARDSON, E. V. — (1962) — Resistance to flow in aluvial channels. *Trans. of The Amer. Soc. of Civil Engineers*, 127: 927-952.
- SIMONS, D. B. e RICHARDSON, E. V. — (1963) — Forms of bed roughness in alluvial channels. *Trans. of the Amer. Soc. of Civil Engineers*, 128 : 284-302.

Estudo comparativo das formas de bacias hidrográficas do território paulista

ANTÔNIO CHRISTOFOLETTI
ARCHIMEDES PEREZ FILHO

A bacia hidrográfica representa a área drenada pela rede de canais, podendo ser influenciada por diversas características, tais como litologia, topografia e tectônica, que exercem controle sobre a eficiência dos processos atuantes na bacia. Esses fatores e processos incidem no desenvolvimento e expansão da rede de canais, que se organiza para escoar o *input* fornecido pelas condições ambientais a uma determinada área. A forma das bacias encontra-se condicionada, em grande parte, pela concorrência expansionista de redes adjacentes. E essa expansão ocorre até que a rede atinja o seu tamanho ótimo, alcançando o equilíbrio em função das condições ambientais e que o escoamento de todo e qualquer ponto da área se faça para um determinado canal de uma bacia de drenagem.

Em trabalho recente, ao apresentar um panorama dos estudos sobre a forma de bacias hidrográficas, Christofolletti e Perez Filho (1975) sumariaram as diversas proposições para a análise dessa característica morfológica. Verificando as trinta bacias observadas, os autores notaram nuances variadas nos resultados obtidos e consideraram ser "de grande interesse verificar a probabilidade de ocorrência e a variabilidade da população composta pelos valores do índice entre o comprimento e a área" (Christofolletti e Perez Filho, 1975), através da utilização de maior número de casos.

O índice entre o comprimento e a área (ICO) da bacia pode ser obtido dividindo-se o diâmetro da bacia, definido como a distância em linha reta entre a foz da rede e o ponto mais distante lo-

calizado no perímetro, pela raiz quadrada da área, através da fórmula:

$$Ico = \frac{Db}{\sqrt{A}}$$

na qual, Ico = índice entre o comprimento e a área; Db = diâmetro da bacia, e A = área da referida bacia.

Este índice apresenta significância para descrever e interpretar tanto a forma como o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica. Quando o valor do índice estiver próximo de 1,0, a bacia apresenta forma semelhante ao quadrado, quando o valor for inferior ao da unidade, a bacia terá forma alargada, e quanto maior for o valor acima da unidade mais alongada será a forma da bacia (Chis-tofoletti e Perez Filho, 1975).

No contexto da teoria probabilística da evolução do modelado terrestre, pode-se considerar o estado mais provável como indicativo do equilíbrio no desenvolvimento da bacia. Relacionando o estado mais provável com a ocorrência de valores mais frequentes, pode-se supor que a diversidade dos dados obtidos expressem uma função de normalidade da distribuição populacional. Considerando o índice entre o comprimento e a área como expressivo da forma de bacias hidrográficas, os autores levantaram a hipótese de que essa característica apresenta um comportamento distributivo conforme o enunciado para a normalidade.

1. OS EXEMPLOS CONSTRUTIVOS DA POPULAÇÃO ANALISADA

Para verificar a hipótese mencionada, coletamos dados referentes a 150 bacias hidrográficas localizadas em diferentes compartimentos morfoestruturais do

Estado de São Paulo (50 bacias no Planalto Ocidental, 50 no Planalto Cristalino e 50 na Depressão Periférica), por considerá-las como representativas de determinadas circunstâncias ambientais e históricas.

A escolha de tais bacias foi realizada de maneira aleatória. A documentação básica foi composta pelas cartas topográficas do Estado de São Paulo, na escala de 1:50.000, publicadas pelo Instituto Geográfico e Geológico. No tocante à escolha das bacias, não houve a preocupação de se considerar a ordem ou a magnitude das redes de drenagem. A tabela anexa reúne os dados referentes à área, diâmetro e índice entre o comprimento e a área para as 150 bacias distribuídas nos Planaltos Ocidental, Planalto Cristalino e Depressão Periférica.

Tomando como base os valores obtidos para o índice, construímos, para cada conjunto regional e para a população total das bacias, gráficos mostrando a distribuição de frequências. Na abscissa foram plotados os intervalos de classe e nas ordenadas as frequências das classes. Posteriormente foram calculados, para cada conjunto regional e para a população total das bacias, os seguintes parâmetros estatísticos descritivos: média, variância, desvio padrão, moda e grau de assimetria, e curtose e coeficiente do momento de curtose, conforme o seguinte procedimento:

a) Média = $\bar{X} =$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n x_i f_i}{n}$$

b) Variância = $S^2 =$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n - 1}$$

c) Desvio padrão = $S =$

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{n - 1}}$$

d) Moda e grau de assimetria

$$\text{Moda} = L_i +$$

$$+ \frac{\Delta_i}{\Delta_i + \Delta_s} \cdot C$$

onde L_i = limite inferior da classe modal

Δ_i = Excesso da frequência modal sobre a da classe imediatamente inferior

Δ_s = Excesso de frequência modal sobre a da classe imediatamente superior

C = Amplitude do intervalo da classe modal

– Grau de Assimetria =

$$= \frac{\bar{X} - \text{Moda}}{S}$$

e) Curtose e coeficiente do momento de curtose

$$S_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 f_i}{n - 1}$$

$$a_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 f_i}{S^4}$$

Para se determinar o tipo de distribuição com relação à altura do pico (leptocúrtica, platycúrtica ou normal) foi usada a seguinte relação:

$(a_4 - 3)$, onde 3 é o coeficiente do momento de curtose para a distribuição normal.

Baseado na análise dos histogramas (fig. I) e nos dados obtidos através da descrição estatística, verifica-se que a distribuição das bacias, para cada unidade regional, apresenta-se da seguinte maneira:

a) *Planalto Ocidental*: –

– 70% dos dados se encontram agrupados no intervalo $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$ em torno da média;

– Da amostra total, 56% encontra-se à direita de $\bar{x}$, ou seja de 1,71 (média). O restante 44% encontra-se distribuído à esquerda de $\bar{x}$;

– Quanto ao grau de assimetria, o valor encontrado foi $-0,15$, indicando que o pico da curva está deslocado para a direita da média, uma vez que a moda encontrada foi igual a 1,75 (maior que a média = 1,71);

– Com relação à curtose, frequentemente definida pela relação $(a_4 - 3)$, encontramos o valor 0,6177357, positivo, indicando assim que a distribuição é leptocúrtica.

b) *Planalto Cristalino*: –

– 65% dos dados acham-se agrupados no intervalo $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$ em torno da média;

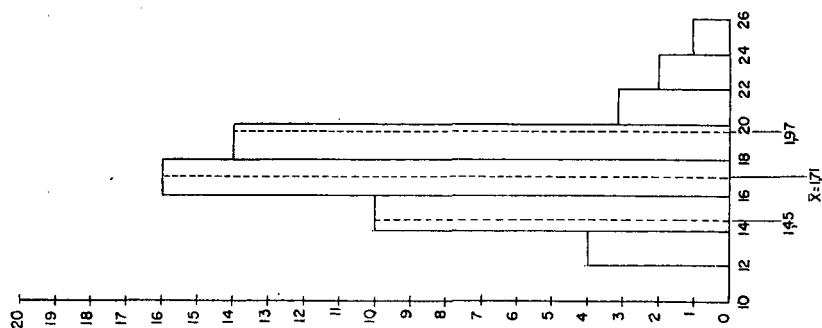
– do total de dados da amostra, 54% encontram-se distribuídos à esquerda de $\bar{x}$ (1,89) e o restante, ou seja, 46% encontram-se à direita de $\bar{x}$;

– Para o grau de assimetria, o valor encontrado foi 0,33, indicando que o pico da curva está à esquerda da média. A moda encontrada foi igual a 1,76 (menor que a média = 1,89);

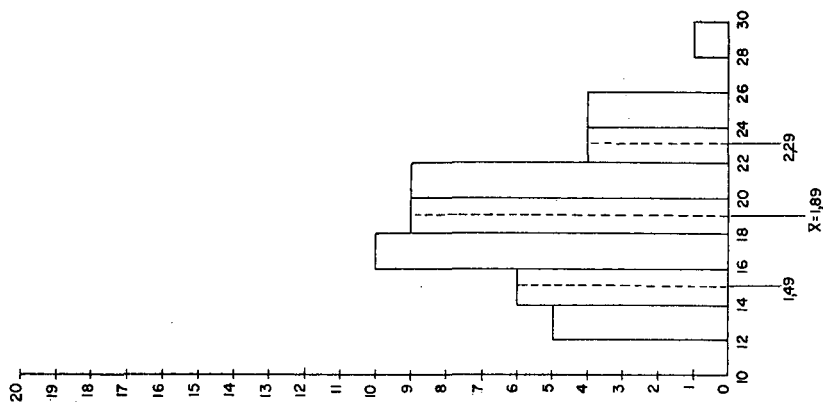
Tabela I — Índice entre o comprimento e a área (ICo), para as bacias das diferentes unidades regionais do Estado de São Paulo

Bacia	Planalto Ocidental			Planalto Cristalino			Depressão Periférica		
	Área	Diâmetro	ICo	Área	Diâmetro	ICo	Área	Diâmetro	ICo
1	56,5	13,5	1,80	103,0	17,2	1,69	28,7	12,2	2,28
2	198,0	28,0	1,99	30,0	6,5	1,18	47,0	14,5	2,11
3	233,1	29,0	1,89	30,3	10,5	1,90	22,0	8,7	1,86
4	130,0	18,0	1,57	87,1	11,5	1,23	40,5	10,7	1,68
5	211,6	26,0	1,79	20,7	7,2	1,59	75,5	12,5	1,43
6	233,8	35,0	2,28	23,6	8,2	1,70	58,6	13,0	1,69
7	103,0	16,5	1,63	35,0	13,0	2,19	39,3	9,2	1,47
8	107,4	14,5	1,41	22,0	9,7	2,11	88,4	13,0	1,38
9	162,8	23,0	1,81	53,0	13,5	1,85	38,5	11,7	1,89
10	112,7	20,5	1,93	22,1	7,5	1,59	41,1	11,0	1,71
11	150,4	17,5	1,42	15,9	10,0	2,51	63,2	12,2	1,56
12	129,7	21,0	1,84	15,6	11,7	2,97	112,3	18,5	1,74
13	82,8	15,7	1,72	13,3	7,2	1,99	74,7	12,5	1,43
14	61,6	13,0	1,66	37,2	9,5	1,55	40,8	10,5	1,64
15	64,1	13,2	1,65	22,6	9,5	1,24	56,1	11,0	1,46
16	57,5	14,7	1,93	31,8	11,5	2,18	115,0	20,7	1,93
17	135,7	14,0	1,21	77,7	14,5	1,64	53,4	11,2	1,54
18	13,2	7,0	1,94	26,2	7,0	1,36	98,8	15,0	1,50
19	19,7	6,5	1,47	43,0	12,5	1,90	54,9	12,0	1,62
20	40,5	10,0	1,56	26,3	10,7	2,09	30,5	9,0	1,63
21	18,2	7,7	1,79	28,7	10,2	1,91	61,9	10,5	1,33
22	71,2	14,0	1,66	9,9	6,2	1,98	29,8	11,0	2,01
23	34,7	8,2	1,38	38,6	10,5	1,69	29,8	8,5	1,55
24	58,2	10,0	1,31	25,0	9,5	1,90	79,5	13,0	1,45
25	40,5	10,5	1,65	21,1	7,5	1,63	29,5	10,7	1,97
26	26,5	10,5	2,04	17,3	7,0	1,68	118,8	17,2	1,67
27	72,3	16,2	1,91	24,4	6,0	1,21	65,8	13,0	1,60
28	40,0	9,7	1,54	32,1	11,7	2,06	126,8	16,2	1,44
29	67,9	15,5	1,88	22,5	11,0	2,31	115,0	17,0	1,58
30	34,6	10,5	1,78	14,7	8,7	2,27	34,3	9,0	1,53
31	82,3	17,7	1,95	41,3	7,5	1,17	35,0	8,7	1,47
32	25,7	11,2	2,22	44,4	11,0	1,64	25,3	8,2	1,64
33	71,1	20,5	2,43	24,8	10,2	2,05	220,5	23,5	1,58
34	55,2	14,2	1,92	16,2	9,0	2,21	47,9	14,2	2,06
35	90,0	16,2	1,71	17,2	10,7	2,59	59,1	12,7	1,65
36	103,8	21,2	2,08	22,2	8,5	1,80	97,9	16,7	1,69
37	92,0	19,5	2,03	31,7	13,0	2,31	85,0	14,5	1,57
38	124,4	19,2	1,72	51,8	10,0	1,38	36,7	9,2	1,52
39	48,3	11,7	1,69	26,4	8,5	1,65	82,9	15,0	1,64
40	88,2	13,2	1,41	13,0	5,5	1,52	51,9	14,7	2,04
41	99,3	18,5	1,85	18,8	8,7	2,01	73,1	12,5	1,46
42	126,0	17,2	1,53	65,2	14,2	1,76	55,4	13,5	1,81
43	88,6	16,5	1,75	25,6	10,2	2,02	22,4	8,2	1,73
44	94,1	19,0	1,95	21,0	11,5	2,50	27,3	10,2	1,96
45	160,6	18,0	1,42	29,1	8,5	1,57	51,6	10,0	1,39
46	73,1	15,2	1,78	38,0	15,5	2,50	62,3	13,7	1,61
47	72,0	16,5	1,94	18,2	8,0	1,87	46,5	11,5	1,68
48	74,5	11,5	1,33	29,1	9,5	1,75	34,3	8,0	1,36
49	57,1	11,7	1,55	43,3	10,5	1,59	61,7	13,5	1,71
50	32,4	9,2	1,62	21,1	10,0	2,17	28,5	8,0	1,49

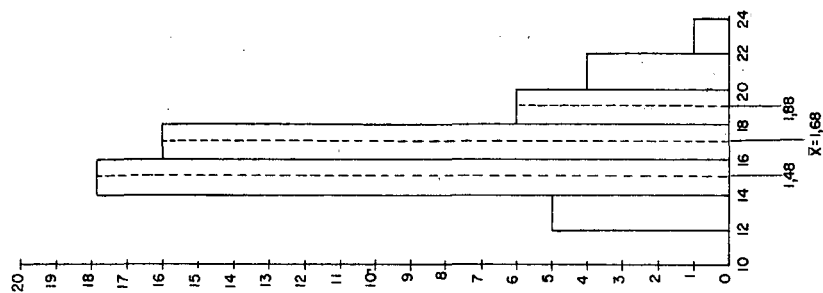
PLANALTO OCIDENTAL



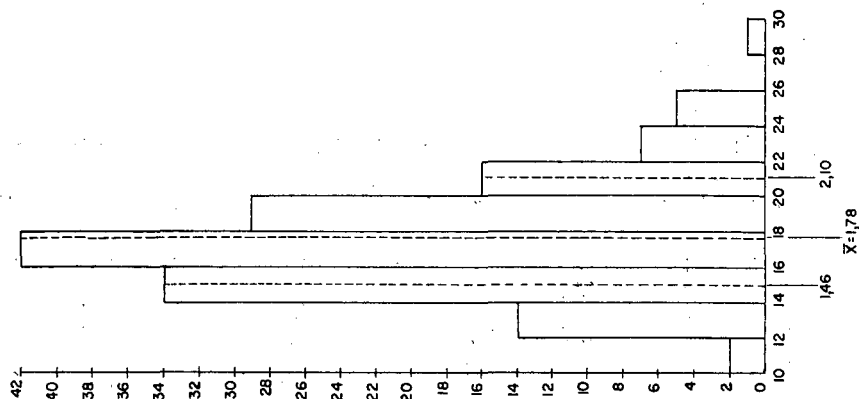
PLANALTO CRISTALINO



DEPRESSÃO PERIFÉRICA



POPULAÇÃO TOTAL (150 BACIAS)



Distribuição das frequências conforme as classes dos valores do índice entre o comprimento e a área (ICO), para as Bacias hidrográficas localizadas no Planalto Ocidental, Planalto Cristalino e Depressão Periférica.

— Para a curtose, o valor encontrado foi igual a $-0,4004624$ (negativo) indicando uma distribuição platicúrtica.

c) *Depressão Periférica:* —

— 56% dos dados encontram-se agrupados no intervalo $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$ em torno da média;

— Da amostra total, 62% acham-se distribuídos à esquerda da média ($x = 1,68$), o restante, 38%, distribui-se à direita de $\bar{x}$;

— O valor encontrado para o grau de assimetria foi igual a 0,55, indicando que o pico da curva está deslocado para a esquerda da média, visto que a moda encontrada foi de 1,57 (menor que a média = 1,68);

— Com relação à curtose, o valor encontrado foi igual a 2,1286231 (positivo), portanto, indicando uma distribuição leptocúrtica.

d) *Para o conjunto total das bacias observa-se que:*

— 68% dos dados encontram-se agrupados no intervalo $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$ em torno da média;

— Da amostra total de dados coletados (150 bacias), 58% distribuem-se à esquerda de $\bar{x}$ (1,78), enquanto que 42% acham-se distribuídos à direita de $\bar{x}$;

— Com relação ao grau de assimetria, o valor encontrado foi igual a 0,31, indicando que o pico da curva está deslocado para a esquerda, pois a moda encontrada foi de 1,68 (menor que a média = 1,78);

— O valor encontrado para a curtose foi de 0,3541927 (positivo), portanto, apresentando distribuição leptocúrtica.

Em anexo, a tabela 2 apresenta descrição estatística dos conjuntos de bacias hidrográficas regionais e do conjunto total.

77

TABELA 2 — Descrição estatística dos conjuntos de bacias hidrográficas

	Planalto Ocidental	Planalto Cristalino	Depressão Periférica	Conjunto Total das Bacias
Média	1,71	1,89	1,68	1,78
Variância	0,0693265	0,1600204	0,0400102	0,0998657
Desvio Padrão	0,2632992	0,4000254	0,2000254	0,3160153
Moda	1,75	1,76	1,57	1,68
Grau de Assimetria	-0,15	0,33	0,55	0,31
Curtose	0,6177357	-0,4004624	2,1286231	0,3541927

2. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

O estudo comparativo entre os valores obtidos para a forma de bacias hidrográficas localizadas no território paulista sugere várias observações interessantes.

De modo altamente satisfatório, o conjunto global das bacias hidrográficas comporta-se como distribuição normal, sem haver a necessidade de nenhuma transformação dos valores. Comparando-se os grupos regionais, observa-se que a distribuição de frequência para os casos do Planalto Ocidental é a que mais se aproxima de uma distribuição

normal perfeita, enquanto a distribuição para a Depressão Periférica é a que mais se afasta dessa normalidade.

Baseando-se na distribuição dos dados em torno da média, verifica-se em todos os conjuntos estudados uma tendência assimétrica dos histogramas, confirmada através dos cálculos dos graus de assimetria para cada conjunto. A análise dos dados para o Planalto Ocidental mostra um desvio da curva para a direita da média, indicando existir predominância de formas de bacias ligeiramente mais alongadas que a sugerida pela média. Esse desvio não é visível no histograma desse conjunto regional porque a moda e a média se encontram no mesmo intervalo de classe. A ocorrência desse desvio na distribuição populacional, mostrando a existência de bacias relativamente mais alongadas no Planalto Ocidental, pode ser explicada em função da pressuposta evolução da hidrografia regional. Considera-se que a sedimentação do Grupo Bauru foi a última grande fase deposicional da bacia sedimentar do Paraná, representando seu topo generalizada superfície de agração. Sobre essa superfície estabeleceram-se as linhas de drenagem, escoando as águas precipitadas na região. Como havia homogeneidade litológica e climática, os cursos d'água estenderam-se acompanhando a declividade topográfica, e as redes se organizaram em virtude de possíveis bacias localmente situadas. Considerando a inexistência de perturbações externas e a permanência homogênea das influências ambientais, as redes de drenagem estabilizaram-se rapidamente, não havendo expansão de algumas em detrimento de outras. Desta maneira, a extensão longitudinal acompanhando a topografia primitiva se manteve, refletindo na forma alongada das bacias atualmente existentes.

Ao contrário, as bacias localizadas no Planalto Cristalino, Depressão Periférica e o conjunto global das bacias mostram ligeiro desvio para a esquerda da média, indicando tendência para formas mais alargadas que a sugerida pela média. Esse acontecimento pode ser explicado pelo fato de que, nessas áreas, o desenvolvimento das bacias está ligado à dissecação topográfica, e a maior densidade de drenagem permite organização em espaço mais alargado. Em virtude da maior movimentação topográfica, não houve espaço suficiente para extensão longitudinal exagerada dos cursos d'água, redundando em bacias que, para iguais ordens hierárquicas, são menores na área cristalina que na sedimentar do Planalto Ocidental (Christofoletti, Gerardi e Tavares, 1974). Os autores acreditam, também, que essa tendência possui maior probabilidade de acontecer, pois as bacias relativamente alongadas só permanecem quando há forças ativas exercendo controle sobre a configuração da bacia de drenagem.

A curtose, calculada para cada conjunto de dados, poderia ser interpretada como o grau de seleção do índice de forma de bacias hidrográficas. Para a curva platicúrtica, no caso do Planalto Cristalino, parece não existir predominância para determinado índice *ICO*, visto que as frequências para as várias classes são aproximadamente de mesma magnitude. Esse fato não se repete para as curvas leptocúrticas do Planalto Ocidental, Depressão Periférica e do conjunto global das bacias, nas quais as classes possuem frequências diferenciadas.

A análise estatística descritiva permite-nos concluir que os valores sobre a forma de bacias hidrográficas apresentaram-se como distribuição normal, e que os valores mais frequentes representam o estado mais provável. Esta observação demonstra validade para a

hipótese formulada. Considerando a distribuição populacional, nada há a objetar se houve tendência imediatista em considerar o estado mais provável como indicativo do equilíbrio estável. Todavia, em princípio, deve-se usar de cautela em interpretar os valores situados nas laterais da curva normal como indicativos de estados de desequilíbrio. Tais ocorrências são representativas de

casos pouco prováveis, mas podem perfeitamente indicar ajustagem da forma da bacia como resposta a determinadas contingências ambientais, que estão exercendo controle sobre ela, quer sejam oriundas de influências tectônicas quer sejam ligadas à história da implantação da rede hidrográfica regional, conforme aventamos para os casos do Planalto Ocidental.

BIBLIOGRAFIA

- CHRISTOFOLETTI, Antônio — (1969) — Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, 9 (18) : 35-64.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio — (1974) — *Geomorfologia*. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 150 pp.
- CHRISTOFOLETTI, A., GERARDI, L. H. O. e TAVARES, A. C. — (1974) — Análise comparativa e classificatória de bacias hidrográficas paulistas. *Geomorfologia*, n.º 45, pp. 1-10, Instituto de Geografia da Univ. de São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. e PEREZ FILHO, A. — (1975) — Estudos sobre a forma de bacias hidrográficas. *Boletim de Geografia Teorética*, 5 (9/10) : 83-92.

Relacionamento entre o equivalente vetorial e o comprimento em bacias hidrográficas da região centro-meridional paulista

ANTÔNIO CHRISTOFOLETTI
ADEMIR LUIZ CEZAR

O equivalente vetorial e o comprimento são dois aspectos da análise linear de bacias hidrográficas que propiciam informações sobre os segmentos fluviais e composição da rede de drenagem. Utilizando o critério de hierarquia proposto por Strahler (1952; vide também Christofolletti, 1973; 1974), o segmento fluvial corresponde ao trecho do curso d'água em que a ordem permanece constante.

Utilizando cartas topográficas na escala de 1:50.000, publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, selecionamos 18 bacias hidrográficas localizadas na parte centro-meridional do território paulista e classificadas como de quarta e quinta ordens.

Em virtude da localização sobre amplo interflúvio, as bacias escolhidas inserem-se em redes de diversos cursos d'água importantes que, no conjunto, se aproximam de uma disposição radial centrífuga. Algumas são tributárias do rio Tibiriçá que, juntando suas águas com as do Feio, formam o rio Aguapeí; outras integram os rios Peixe, Turvo, Pardo e Novo, que fazem parte da bacia do rio Paranapanema, enquanto outras participam da bacia do rio Tietê, como as dos rios Batalha, Lençóis e Bauru. Topograficamente, as nascentes das bacias selecionadas para o estudo estão próximas da serra de Agudos ou planaltos de Garça e Marília, na serra do Mirante e nas porções mais elevadas a leste e sudeste da região.

A maior parte das bacias apresenta maior desenvolvimento espacial em rochas da Formação Bauru, constituídas predominantemente de arenitos, com a presença de cimento, calcário e conglomerados. Quatro dentre elas (bacias dos rios Bauru, Turvinho, Figueira e Lençóis) possuem expansão ampla em terrenos da Formação Serra Geral, constituída de rochas básicas, e parte em rochas da Formação Bauru. As condições climáticas são semelhantes para todas elas, podendo ser enquadradas na categoria de climas tropicais com estações secas e úmidas, controladas pela atuação da massa Tropical Atlântica (com 50% de atuação) e da Polar Atlântica (com 40%). Originalmente, a cobertura vegetal era composta pela mata latifoliada tropical, na maior parte da região, e por cerrados e campos. Todavia, em virtude das atividades antrópicas, a vegetação atualmente observada é muito diferente, sendo dominadas pelas culturas, pastagens, cerrados e campos. Conforme a Carta de Solos do Estado de São Paulo, realizada em 1960, os tipos de solos predominantes são o Latossolo Vermelho-Escuro Fase Arenosa, o Podzolizado, variações Lins e Marília, e o Latossolo Roxo.

O objetivo da presente comunicação é, portanto, verificar o relacionamento entre o equivalente vetorial e o comprimento em dezoito bacias hidrográficas que se desenvolveram sob as condições ambientais acima descritas.

1. Coleta e análise dos dados

Os dados foram mensurados sobre as cartas topográficas através do emprego de curvímetros e réguas, levando em conta as definições propostas para ambas as variáveis.

O *comprimento* é a extensão do canal fluvial do início ao término do segmento. Dividindo-se a soma dos compri-

mentos dos canais de cada ordem pelo número de segmentos encontrados na respectiva ordem encontraremos o *comprimento médio*. Confrontando-se os comprimentos médios de cada ordem obteremos a *relação entre os comprimentos médios* (RL_m), proposta por Horton em 1945 e obtida da seguinte maneira:

$$RL_m = \frac{Lm_u}{Lm_{u-1}}$$

onde Lm_u = comprimento médio dos canais de determinada ordem;

$Lm_u - 1$ = comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

O equivalente vetorial corresponde a uma propriedade proposta por Ongley, em 1968, quando procurava determinar de modo objetivo o diâmetro de bacias. Utilizando o seu conceito de equivalente vetorial, que representa o comprimento de cada segmento de determinada ordem, em linha reta, que se estende do nascimento ao término do referido canal, Christofletti (1969) propôs a cidadania da *relação do equivalente vetorial* como índice de análise linear no estudo de redes de drenagem.

A relação do equivalente vetorial é obtida da seguinte maneira: somando-se a grandeza dos equivalentes vetoriais em cada ordem e dividindo-se o total pelo número de canais considerados, obtém-se a grandeza média dos equivalentes vetoriais da referida ordem. Através do confronto entre os dados de cada ordem encontraremos a relação, aplicando a seguinte fórmula:

$$Rev = \frac{Ev_u}{Ev_{u-1}}$$

onde Rev = relação da grandeza dos equivalentes vetoriais;

Ev_n = grandeza média dos equivalentes vetoriais de determinada ordem;

Ev_{n-1} = grandeza média dos equivalentes vetoriais da ordem imediatamente inferior à considerada.

O quadro comparativo dos valores relacionados com o equivalente vetorial médio (tabela n.º 1) indica a tendência dos valores de aumentarem conforme a elevação da ordem. A verificação dos dados concernentes à relação do equivalente vetorial (tabela n.º 1) mostra casos em que os índices são elevados, chamando a atenção os exemplos do rio Bauru (6,44, entre 3.^a/4.^a ordens), ribeirão da Água Parada (7,47, entre 4.^a/5.^a ordens), ribeirão do Alegre (8,37, entre 4.^a/5.^a ordens), ribeirão do Barreiro (9,83, entre 4.^a/5.^a ordens) e rio Palmital (10,0, entre

3.^a/4.^a ordens). Esses exemplos indicam que a ordem superior possui extensão muito elevada. Ao contrário, há casos em que a ordem superior possui extensão menor que a da ordem inferior, e o caso mais significativo é o do ribeirão do Barreiro (0,42, entre 3.^a/4.^a ordens).

O quadro comparativo dos dados relacionados com o comprimento médio (tabela n.º 2) mostra, também, a tendência normal de aumentar a extensão do segmento conforme a elevação da ordem. Considerando os valores da relação do comprimento médio, só dois casos assinalam que o comprimento médio da ordem superior é menor que o da ordem inferior (ribeirão da Figueira, 0,90, entre 2.^a/3.^a ordens), ribeirão do Barreiro, 0,48, entre 3.^a/4.^a ordens). Entre os índices que mostram aumento proporcionalmente maior destacam-se exemplos de valores elevados, tais como no rio Bauru (7,08, entre

Tabela 1 — Valores do Equivalente Vectorial de Bacias Hidrográficas da Região Centro Meridional Paulista

Bacias	Equivalentes Vectoriais Médios (km)					Relação entre os Equivalentes Vectoriais			
	Ordem					Ordem			
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	2. ^a / 1. ^a	3. ^a / 2. ^a	4. ^a / 3. ^a	5. ^a / 4. ^a
Ribeirão do Alegre	0,77	0,82	1,37	2,39	20,00	1,06	1,67	1,74	8,37
Ribeirão das Antas	0,65	1,02	1,88	4,42	23,00	1,57	1,84	2,35	5,20
Rio Lençóis	0,99	1,87	3,21	10,87	30,00	1,89	1,72	3,38	2,76
Ribeirão da Água Parada	0,96	1,17	2,48	3,48	26,00	1,22	2,12	1,40	7,47
Ribeirão Cincinatina	0,58	0,87	2,20	5,60	5,75	1,50	2,53	2,54	1,03
Rio Bauru	1,06	1,43	2,64	17,00	16,00	1,35	1,85	6,44	0,94
Ribeirão Batalhinha	0,78	0,97	2,99	10,00	9,85	1,24	3,08	3,34	0,98
Ribeirão Anhumas	0,67	0,89	2,08	2,52	11,00	1,33	2,34	1,21	4,36
Ribeirão da Barra Grande	0,52	0,63	1,27	3,07	4,00	1,21	2,02	2,42	1,30
Ribeirão Santo Inácio	0,48	0,53	1,18	1,42	3,90	1,10	2,23	1,20	2,75
Ribeirão do Barreiro	0,73	1,17	2,80	1,17	11,50	1,60	2,39	0,42	9,83
Rio Palmital	0,69	1,22	1,90	19,00	—	1,77	1,56	10,00	—
Ribeirão do Lageado	0,77	1,90	7,92	8,50	—	2,47	4,17	1,07	—
Ribeirão Santa Clara	0,75	1,23	2,79	13,65	—	1,64	2,27	4,89	—
Rio Turvinho	1,20	1,56	6,20	9,85	—	1,30	3,97	1,59	—
Ribeirão Bonito	0,78	1,23	2,40	6,90	—	1,58	1,95	2,87	—
Ribeirão da Figueira	0,62	2,65	2,45	8,00	—	4,27	0,92	3,26	—
Ribeirão do Capim	0,89	0,80	5,75	8,00	—	0,90	7,19	1,39	—

TABELA 2 — Valores do Comprimento Médio de Bacias Hidrográficas da Região Centro Meridional Paulista

Bacias	Comprimentos Médios (km)					Relação entre os Comprimentos Médios (km)			
	Ordem					Ordem			
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	2. ^a / 1. ^a	3. ^a / 2. ^a	4. ^a / 3. ^a	5. ^a / 4. ^a
Ribeirão do Alegre	0,79	1,01	2,13	3,10	30,00	1,28	2,11	1,46	9,68
Ribeirão das Antas	0,83	1,26	2,29	5,30	34,00	1,52	1,82	2,31	6,42
Rio Lençóis	1,18	2,22	3,69	16,19	43,00	1,88	1,66	4,38	2,66
Ribeirão da Água Parada	1,05	1,36	2,86	4,41	32,00	1,30	2,10	1,54	7,26
Ribeirão Cincinatina	0,75	1,11	2,63	7,00	9,00	1,48	2,37	2,66	1,29
Rio Bauru	1,22	1,66	3,06	21,67	24,00	1,36	1,84	7,08	1,11
Ribeirão Batalhinha	0,82	1,07	3,31	12,00	12,00	1,30	3,09	3,63	1,00
Ribeirão Anhumas	0,74	1,00	1,83	2,83	12,00	1,35	1,83	1,55	4,24
Ribeirão da Barra Grande	0,76	0,75	1,51	4,65	5,00	1,14	2,01	3,08	1,08
Ribeirão Santo Inácio	0,60	0,71	2,02	1,67	3,00	1,18	2,84	1,22	1,80
Ribeirão do Barreiro	0,90	1,41	3,61	1,75	14,50	1,57	2,56	0,48	8,28
Rio Palmital	0,83	1,45	2,37	31,00	—	1,75	1,63	13,08	—
Ribeirão do Lageado	0,94	2,20	9,83	13,00	—	2,34	3,59	1,32	—
Ribeirão Santa Clara	0,87	1,37	3,74	17,50	—	1,57	2,73	4,68	—
Rio Turvinho	1,44	1,90	8,33	13,00	—	1,32	4,38	1,56	—
Ribeirão Bonito	0,96	1,96	3,10	8,00	—	2,04	1,88	2,58	—
Ribeirão da Figueira	0,77	3,32	3,00	10,00	—	4,31	0,90	3,33	—
Ribeirão do Capim	1,12	2,24	8,00	12,00	—	2,00	3,57	1,50	—

3.^a/4.^a ordens), ribeirão da Água Parada (7,26, entre 4.^a/5.^a ordens), ribeirão do Barreiro (8,28, entre 4.^a/5.^a ordens), ribeirão do Alegre (9,68, entre 4.^a/5.^a ordens) e rio Palmital (13,08, entre 3.^a/4.^a ordens. Percebe-se, à primeira vista, que há relacionamento entre os valores excepcionais ocorrentes no equivalente vetorial e no comprimento médio.

2. Interpretação dos resultados

No que concerne ao estudo sobre as relações entre o comprimento médio e as respectivas ordens (tabela 2 e figura 1), nota-se que a extensão aumenta com a elevação da ordem. Observa-se também que, figurados em papel semilogarítmico, os comprimentos médios alinham-se de maneiras diferentes.

O ribeirão das Antas, o rio Lençóis e o ribeirão Santa Clara estão próximos da linha reta ideal, com ligeiras concavidades sem muita significação, conforme a proposição feita por Horton (1945) sobre a lei do comprimento médio. As concavidades assinalam que os comprimentos médios em determinadas ordens estão aquém do previsto; por exemplo, os valores da quarta ordem no ribeirão da Água Parada e no ribeirão Anhumas e o da segunda ordem no rio Turvinho poderiam ser mais elevados. Por outro lado, as convexidades indicam comprimento excessivo como, por exemplo, na segunda ordem do ribeirão da Figueira. Outro aspecto interessante é verificar diversos casos em que há deficiência no comprimento da ordem final das redes, como no rio Bauru e ribeirões Batalhinha e Barra Grande. Algumas bacias, todavia, apresentam verdadeiras anomalias na

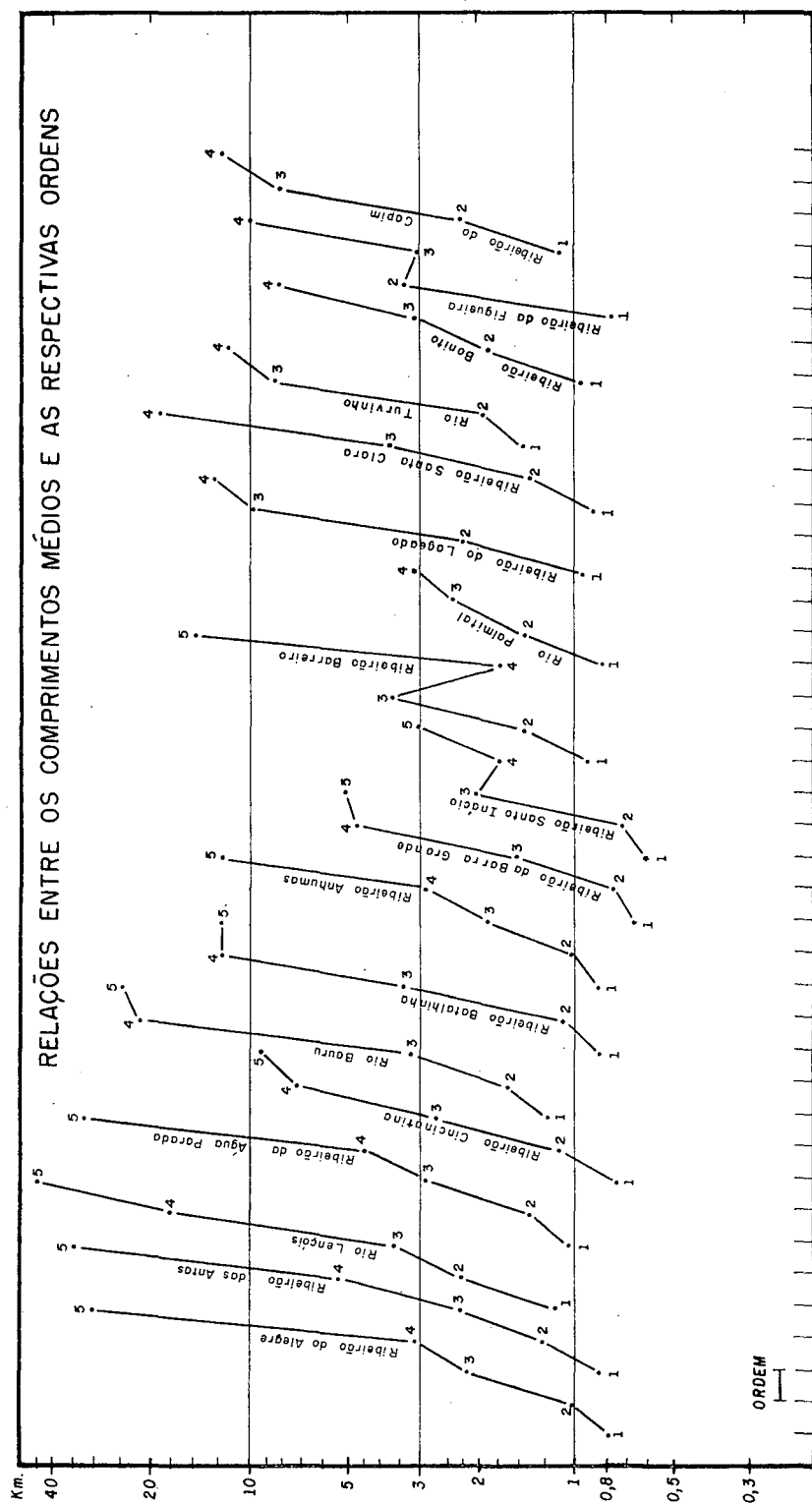


Fig. 1 — Relações entre o comprimento médio e as respectivas ordens.

composição do comprimento, como exemplificados pelos ribeirões Santo Inácio, Barreiro e da Figueira.

A análise dos comprimentos totais de cada ordem (figura 2) fornece informações significativas sobre o arranjo das redes de drenagem. A sequência normal é haver diminuição do comprimento total com a elevação da ordem, mas no conjunto a linha reta representaria um padrão de referência para aferir a "normalidade". Nesta perspectiva, o rio Turvinho, o ribeirão do Lajeado e o ribeirão da Barra Grande são os mais representativos. Em todos os demais observam-se anomalias na distribuição do comprimento total, em graus diversos de intensidade. As disparidades mais flagrantes ocorrem nas ordens finais do ribeirão do Alegre, do

Tabela 3 — Valores relacionados com a comparação entre os índices do equivalente vectorial e os índices do comprimento médio para bacias hidrográficas da região Centro Meridional paulista

Bacias	1a/2a	2a 3a	3a 4a	4a/5a
Ribeirão do Alegre	0,78	0,79	1,19	0,86
Ribeirão das Antas	1,02	1,01	1,02	0,81
Rio Lençóis	1,00	1,04	0,77	1,04
Ribeirão Água Parada	0,94	1,01	0,91	1,03
Ribeirão Cincinatina	1,01	1,07	0,95	0,80
Rio Bauru	1,00	1,00	0,91	0,85
Ribeirão Batalhinha	0,95	1,00	0,92	0,98
Ribeirão Anhumas	0,99	1,28	0,78	1,03
Ribeirão da Barra Grande	1,06	1,00	0,78	1,20
Ribeirão Santo Inácio	0,93	0,79	0,98	1,53
Ribeirão do Barreiro	1,02	0,93	0,88	1,19
Rio Palmital	1,01	0,96	0,76	
Ribeirão do Lajeado	1,06	1,16	0,81	
Ribeirão Santa Clara	1,04	0,83	1,04	
Rio Turvinho	0,98	0,91	1,02	
Ribeirão Bonito	0,77	1,04	1,11	
Ribeirão da Figueira	0,99	1,02	0,98	
Ribeirão do Capim	0,45	2,01	0,93	

ribeirão Anhumas e rio Palmital. O rio Lençóis e o rio Bauru apresentam discrepâncias sensíveis no comprimento total dos segmentos de quarta ordem. Distorções menos acentuadas são encontradas em outras bacias, e essas ocorrências indicam que há *deficit* no comprimento de algumas ordens ou excesso em outras.

Observando-se as linhas representativas do equivalente vectorial médio para as diversas bacias (figura 3), nota-se que o desenvolvimento mais perfeito é apresentado pelos casos do ribeirão das Antas, rio Lençóis, ribeirão Santa Clara e ribeirão Bonito. Todas as demais linhas apresentam discrepâncias em uma ou outra ordem.

O confronto entre o equivalente vectorial e o comprimento médio demonstra similitude acentuada entre as linhas representativas. A principal inferência que se pode fazer dessa semelhança é a de ser indício de que os cursos d'água se inscrevem na paisagem segundo uma relação proporcional entre ambos os parâmetros. Para os segmentos de ordens menores, mais dependentes da movimentação topográfica regional, tal relacionamento seria óbvio. Nota-se, todavia, que o relacionamento continua a existir para os segmentos de ordens mais elevadas, indicando uma possível acomodação da rede de drenagem a determinados fatores controlantes, tais como as forças tectônicas. Dados corroborativos do relacionamento entre o equivalente vectorial e o comprimento médio são encontrados na tabela 3. Quando os valores são próximos da unidade, indicam relacionamento acentuado, isto é, que os dois parâmetros têm progressão semelhante, enquanto os valores distanciados do valor unitário indicam desenvolvimentos diferentes para ambos. No caso de resultados superiores à unidade, a relação do equivalente vectorial cresce mais rapidamente que a do comprimento mé-

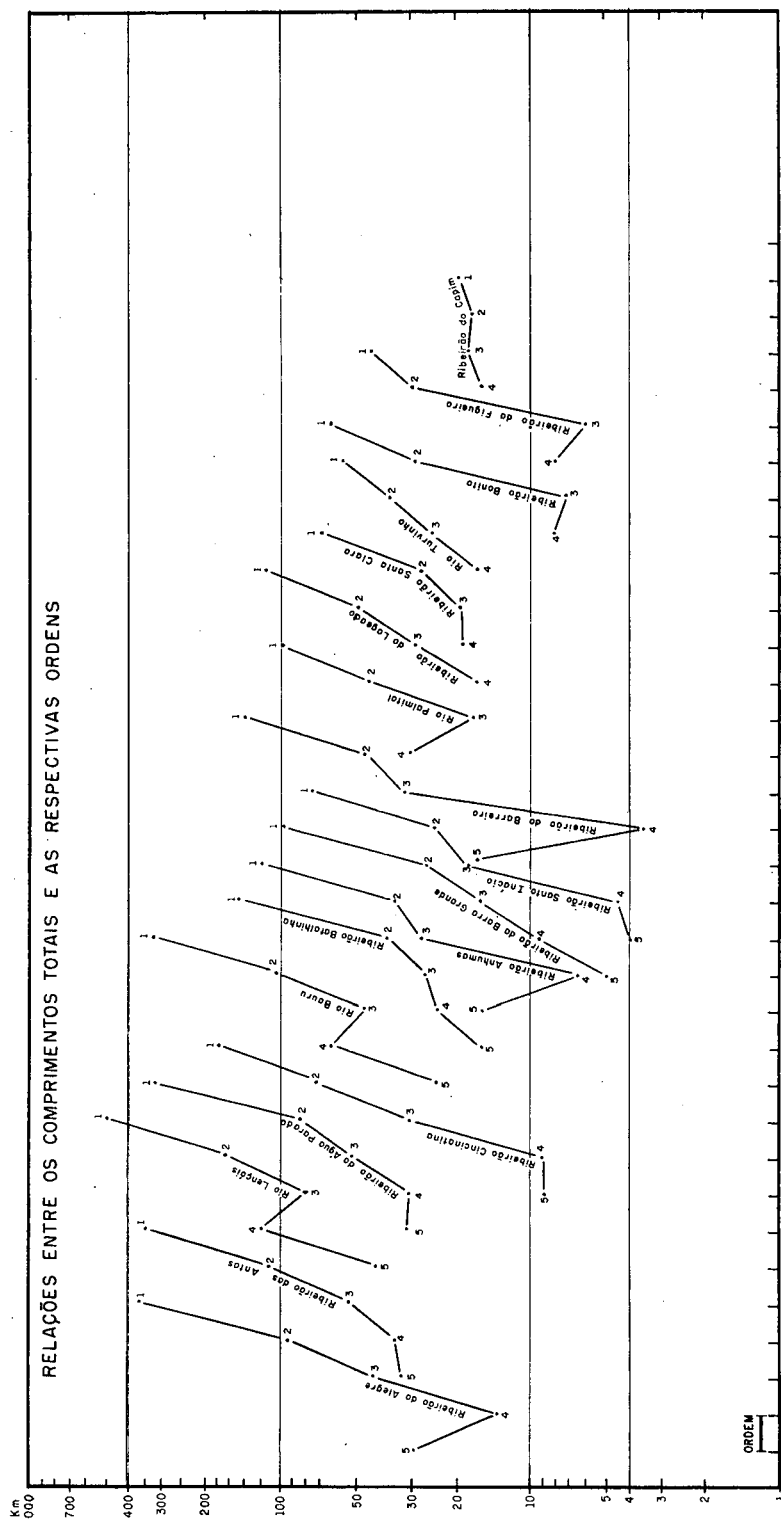


Fig. 2 — Relações entre os comprimentos totais e as respectivas ordens.

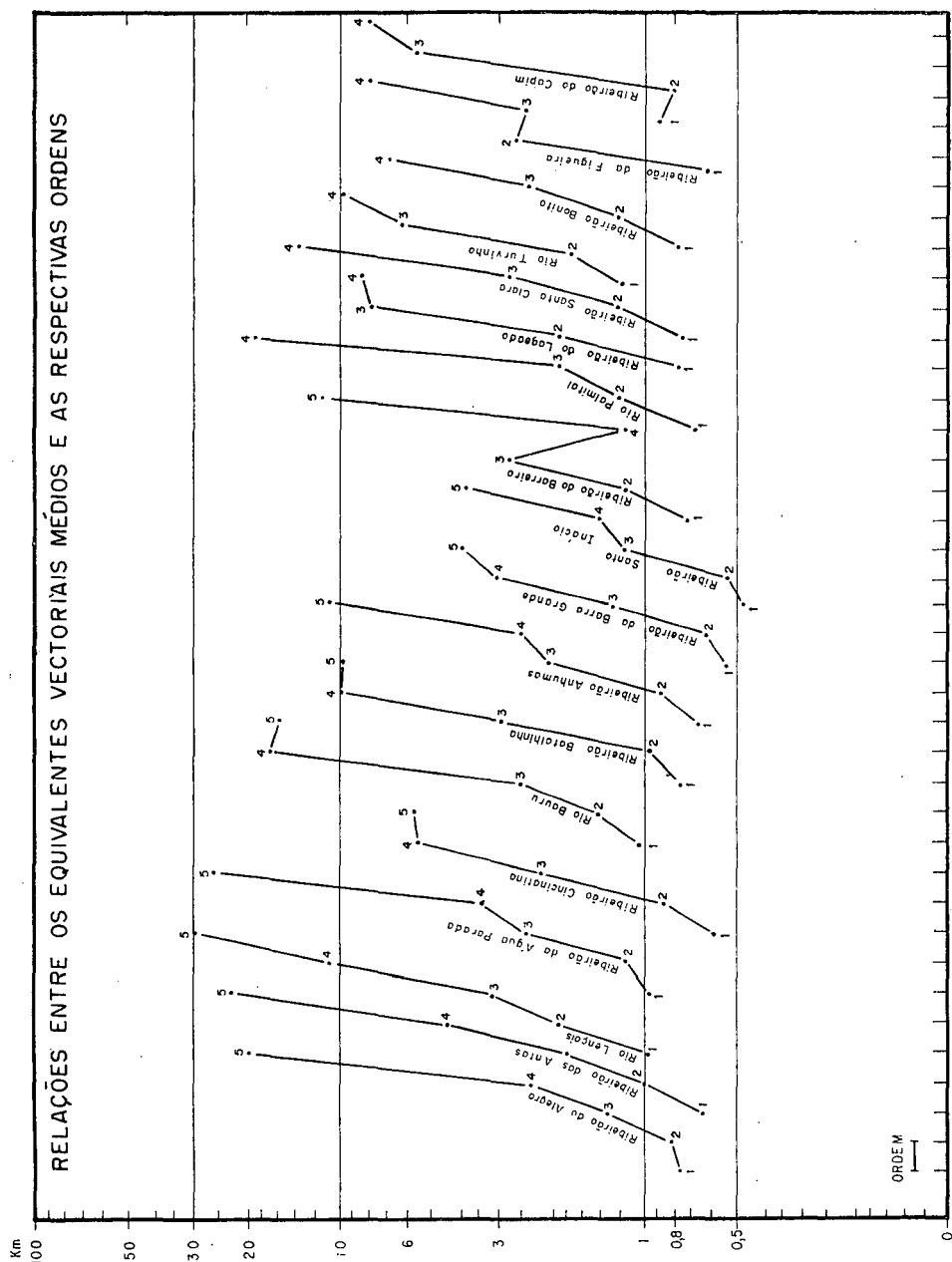


Fig. 3 — Relações entre os equivalentes vectoriais médios e as respectivas ordens.

dio, e ocorre o inverso quando os dados são inferiores à unidade. Sob esse aspecto, os exemplos do ribeirão Batalhinha, rio Turvinho e ribeirão da Figueira são os de relacionamento mais equilibrado. Praticamente, em todas as ordens são pouco variáveis os resulta-

dos em distanciamento, indicando condicionamento dos fatores tectônicos (ou topográficos) sobre os segmentos das diversas ordens. O caso mais anômalo é representado pelo ribeirão do Capim, denunciando traçado sinuoso para os segmentos de segunda ordem.

BIBLIOGRAFIA

- CHRISTOFOLETTI, Antonio — (1969) — Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, 9 (18) : 34-65.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio — (1971) — A relação do equivalente vectorial aplicada ao Planalto de Poços de Caldas (MG, Brasil). *Notícia Geomorfológica*, 11 (22) : 9-19.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio — (1973) — Análise topológica de redes fluviais. *Boletim de Geografia Teorética*, 3 (6) : 5-29.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio — (1974) — *Geomorfologia*. Editora Edgard Blucher e Editora da Universidade de São Paulo, 150 pp.
- HORTON, Robert E. — (1945) — Erosional development of streams and their drainage basins : hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. American Bulletin*, 56 (3) : 275-370.
- ONGLEY, E. D. — (1968) — Towards a precise definition of the drainage basin axis. *Australian Geographical Studies*, 6 (1) : 84-88.
- STRAHLER, Arthur N. — (1952) — Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. America Bulletin*, 63 (10) : 1117-1142.
- STRAHLER, Arthur N. — (1958) — Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Geol. Soc. American Bulletin*, 69 (2) : 279-300.

A influência dos ventos, segundo o Prof. Adalberto Serra, "se traduz — mediante combinação de outros elementos — na sensação de conforto". Em continuidade ao seu trabalho sobre Climatologia, aqui, o autor expõe e analisa detalhadamente o problema dos ventos em sua ação atuante sobre o território brasileiro.

Climatologia - 7

89

ADALBERTO SERRA

VENTOS

1. Correntes dominantes

Tanto a direção como a velocidade dos ventos são determinadas principalmente pelo "gradiente da pressão". Na zona equatorial, onde é quase nula a força de Coriolis, o vento sopra em sentido normal às *isóbaras* e ao longo do gradiente. Deste vai se desviando, contudo, em maiores latitudes, acabando por se tornar quase tangencial às isolinhas da pressão, em virtude do acentuado vetor de Coriolis, que produz um giro das correntes para a esquerda do gradiente (hemisfério Sul) ou à direita (hemisfério Norte), o ângulo assim formado crescendo com a latitude.

As duas forças já apontadas (a da pressão e a proveniente da rotação terrestre) deveremos acrescentar mais duas: — a centrífuga e a de atrito.

A ação da primeira só será mais acentuada com *isóbaras* de forte curvatura ou sob ventos muito intensos (acima de 40 Kt). No estudo dos casos médios deveremos, assim, considerar sobretudo a última força, que além de acarretar uma redução na velocidade das correntes superficiais lhes altera igualmente a direção. Com efeito, dado o menor coeficiente de atrito no oceano, o vento aí vem a formar um ângulo mais acentuado com o gradiente, as correntes soprando em sentido quase paralelo às *isóbaras*; já o maior atrito em terra resulta num ângulo menor com o gradiente, e, portanto, maior com as *isó-*

boras, sempre, porém, soprando o vento das altas para as baixas pressões.

Deveremos, assim, examinar inicialmente os sistemas isobáricos médios que dominam o Brasil e os gradientes de pressão a que dão origem.

1) — Desde logo se constata que o País está situado no setor oeste da grande Alta do Atlântico Sul. Trata-se de um centro quente, submetido a contínua subsidência, do qual os ventos divergem em todos os sentidos, vindo a alcançar, sob direção de SW-S-SE, o litoral sul-africano e a zona equatorial do Atlântico e, com as de SE-Ê-NE, a costa do Brasil.

Já na zona temperada as correntes NW de “retorno” do centro de ação se confundem no oceano, a 40°S, com as circumpolares de W, que dominam a faixa depressionária do Antártico.

Como dissemos, próximo ao equador os ventos seguem o gradiente bórico; desse modo, a costa leste, do cabo S. Roque à Bahia, é varrida normalmente pelos “alísos de SE”, que obedecem ao vetor SE-NW. Trata-se de correntes com elevada persistência, e que se encaminham parcialmente para o trough da FIT, onde o ar sofre uma ascensão generalizada e em parte, igualmente, para a Depressão Continental do Chaco.

Examinando a carta *anual* da “frequência dos ventos” (n.º 234) vemos que os alísos, neste trecho do litoral, apresentam direções de SE em 40% das observações e de E em 30%, valores que para Fernando Noronha se reforçam a 45% e 35%, respectivamente, correntes de NE também ocorrem na frequência de 15%, associadas, via de regra, à passagem das “Ondas de Leste”.

De um modo geral, até 14°S na costa e o limite Ceará—Piauí no interior, as rosas do vento se mantêm do tipo

SE-E-NE, com as frequências declinando nesta ordem. Tais ventos são, aliás, muito significativos, porquanto a taxa de calmas no litoral é inferior a 20%.

Já no interior, o exame do mapa de calmarias (n.º 247) mostra que, na prática, o alíseo de SE fica detido, no seu percurso, pelas cadeias de Ibiapaba, Dois Irmãos e Pirineus, a sota-vento das quais as calmarias são registradas em 80% dos casos; mesmo na vertente leste da Borborema, a taxa respectiva é de 40%, idêntica à do nordeste baiano.

2) — Dado à divergência a partir do centro de Altas, os gradientes se apresentam de E-W a 15°S, e mais ao sul de ENE-WSW. Dominam desse modo direções de NE desde o sul da Bahia, onde as correntes já fazem um ângulo mais acentuado com o gradiente, deste se desviando para a esquerda. Trata-se dos chamados “ventos de retorno” do centro de ação, menos persistentes que os alísos, e que acabam por se incorporar à faixa depressionária circumpolar das correntes W. Como sabemos, ao longo do eixo de dilatação da FPA, no Prata, os ventos em questão, já com direções de N, irão se opor aos de SW-SE, da Alta do Chile.

A carta da frequência anual indica que a sul de 15° principia, realmente, o domínio do rumo NE, despercebido, aliás, no mapa de vento médio.

Pouco freqüente em Salvador, onde SE e E o sobrepujam, NE já se firma em Caravelas (25%), mas a “persistência” dos alísos vai reduzindo cada vez mais para sul, pois também se apresentam direções E, SE, bem como N e S, estas últimas associadas a “Frentes”, ou a “trough induzidos”.

Além do trópico, as correntes dominantes sopram de NE, associadas às massas

Tem, seguindo-se SE-SW, provenientes das invasões frias polares. Este quadro persiste, de um modo geral, a leste do meridiano 42°W, e também, na faixa sueste do País, a barlavento da Serra do Mar.

No Rio Grande do Sul a barreira da Serra Geral torna mais raro o vento NE, aumentando a frequência do SE. Mas como a região é percorrida por frentes sucessivas, ali se observam SE, NE, E, S, e, com menor frequência SW, W e NW.

Tais ventos são, aliás, significativos, dado que no Rio Grande do Sul só existe uma pequena faixa em torno de 30°S, com 20% de calmas (carta 247). São menos valiosas, porém, as indicações da frequência no litoral de São Paulo (40 a 60% de calmaria) ou no de Santa Catarina (40%), ocorrendo, mesmo, trechos acima de 60% no leste deste último Estado, oeste de São Paulo, e algumas regiões de Minas, Estado do Rio e Bahia. Praticamente, o alíseo se detém na serra dos Aimorés, no Espírito Santo, em cujo lado de sota-vento dominam as calmaria. Da mesma forma, a Serra do Mar, a Geral e a Mantiqueira detêm as correntes do oceano, dando origem no interior a núcleos com mais de 60% de calmaria. Contudo, sob os fortes alíseos da Bahia, a margem direita do São Francisco e as cadeias do Espinhaço e Diamantina apresentam altas velocidades, declinando a taxa de calmas para 20%.

3) — No interior da América do Sul forma-se, como sabemos, uma depressão de aquecimento (Baixa do Chaco), cujas bordas leste e norte, na fase do verão, avançam em nosso território.

Os fracos gradientes NS registrados na bacia Amazônica, onde é muito reduzido o vetor de Coriolis, acarretam ventos de pequena velocidade e escassa frequência, geralmente N a E, domi-

nando, sobretudo, calmaria em 80% das observações. Por isso mesmo, apenas correntes ocasionais de SW, provenientes do setor oeste da Baixa, se apresentam no Acre.

Na margem leste da depressão surgem direções de NE em ângulo com as isóbaras. Assim, Goiás tem absoluto predomínio de N-NE-E; já Mato Grosso, por vezes sob o trecho oeste da Baixa, apresenta N-NE-NW-S, declinando as frequências nesta ordem.

4) — Ao norte da FIT a faixa setentrional do Brasil sofre a influência dos ventos provenientes da Alta dos Açores. No hemisfério boreal a força desviante de Coriolis acarreta um desvio das correntes para a direita do gradiente e, assim, os alíseos de NE penetram, com frequências de 40 a 60%, na margem esquerda do Amazonas e através do litoral norte desde Macau. É substituído pelo vento E em 10 a 25% das observações e ainda pelo SE. Este último predomina até 42°W, daí para oeste, desde o Maranhão, reinando NE. Claro está que ambos os alíseos sofrem uma ascensão conjunta na FIT, que os separa.

O domínio do NE é mais intenso na época do verão, de novembro a maio. De junho a outubro, dado o recuo da FIT para o hemisfério Norte, o centro dos Açores não mais controla a costa Setentrional, varrida então, livremente, pelo alíseo de SE, mas com uma componente de aquecimento NE até o Amazonas, em busca da reduzida Baixa Central.

Tais correntes de NE, contudo, não se aprofundam no continente. Pela carta do vento médio não ultrapassam 58°W nem 4°S, limitadas, assim, ao Pará e norte do Maranhão. Com efeito, detidos pelas cadeias do sistema Guiano, aqueles ventos pouco aparecem no extremo norte do Amazonas e Pará, onde as calmas dominam em 40 a 60% das

observações. Sopram, contudo, ao longo do rio, no equador, submetido a somente 20% de calmas.

A carta 247 mostra também que os ventos de NE, no percurso para o sul, já se detêm a uma distância de 100 km no interior, onde grandes áreas, com mais de 80% de calmas, cobrem o Piauí e Maranhão, estendendo-se ainda no Brasil central, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Acre e sudeste do Amazonas. Em tais regiões o vento não chega a soprar em 20% das observações, dando a impressão, numa consulta exclusiva à carta média, que o aliseo SE atinge os Andes, o que seria um exagero.

O vale do Madeira é, contudo, mais ventoso, o mesmo se podendo dizer do Gurupi, onde o aliseo NE penetra 400 km. Resta-nos verificar se as correntes de NE podem constituir, como às vezes se afirma, uma "Monção de Verão", de vez que aparentemente se dirigem para a Baixa do Chaco.

Recordemos, assim, a definição das:

MONÇÕES — tais ventos devem soprar, dado a sua origem, durante todo o verão ou todo o inverno, atingindo grandes distâncias sob gradientes de pressão intensos. Mas não logram se caracterizar próximo ao equador, onde a amplitude térmica anual permanece fraca.

MONÇÃO DE VERÃO — esta se dirige para uma Baixa Continental partindo de mar frio e sob pressão mais elevada. Como dissemos, na parte geral, teríamos, aqui, direções de N na costa setentrional, de NE no litoral leste, SE no Estado do Rio, NE no litoral sul. Ora, no Brasil não se poderá falar numa verdadeira Monção, sobretudo por inexistir o giro indispensável de 180° nas direções do vento durante o ano, embora estejam bem caracteriza-

das a estação chuvosa de verão e a seca de inverno.

Como, além disso, o mar não é muito mais frio que o continente, diremos, unicamente, que há em nosso País uma "tendência à Monção de Verão", mas que não chega a destruir nem afetar sensivelmente os aliseos. Contudo, na época de inverno sul, que coincide com o verão do hemisfério Norte, ventos de N sopram na Venezuela, constituindo uma "Monção de Verão", que poderá atingir o Amazonas.

Quanto à Monção de Inverno, que exigiria considerável resfriamento continental, não ocorrido, como sabemos, nem na Patagonia, constitui um fenômeno estranho ao hemisfério Sul e, portanto, às nossas cogitações atuais.

5) — Resta citarmos o centro de Alta do Chile e a faixa depressionária do Antártico, cujos ventos não penetram no território brasileiro, segundo as cartas médias. Mas logram fazê-lo a intervalos periódicos na vanguarda dos grandes anticiclones móveis de massa polar que varrem a região Sul, trazendo correntes de SE a SW, anunciadas, geralmente, por outras quentes e prefrontais de N-NW. Todas se encontram bem visíveis nas cartas de frequência, embora não logrem dominar o vento médio normal de NE.

2. Ventos Médios

Nas cartas 183 a 195 do 1.º Vol. encontramos os "Ventos Médios" ou "Resultantes" do polígono de frequências nas várias direções, as três horas de observação sendo consideradas em globo. Tais resultantes deverão concordar, plenamente, com as isolinhas da pressão média, antes estudadas (196 a 208), em ângulos de 90° no equador; em maiores latitudes tais ângulos vão se reduzindo, mantendo-se, contudo, maiores em terra e menores no litoral.

Começemos pela carta Anual (n.º 195) devidamente confrontada com a da Pressão (n.º 208).

Sob o gradiente geral SE-NW, os ventos sopram de ESE, na costa, até 16ºS, mas de SE, em latitudes mais reduzidas, de 6 a 8ºS. Giram para a direita, tornando-se de SE na Bahia, de acordo com o trough litorâneo, e igualmente com o maior atrito em terra, o vento aí tendendo a se aproximar do gradiente. Galgando o divisor de águas, as correntes sopram agora para a pequena depressão do interior nordestino, com direções de ESE a E; mais a sul, sobre o vale do S. Francisco, provêm de NE, buscando a intensa baixa de 1008 mb em Minas.

Na costa setentrional os alíseos de SE não ultrapassam o meridiano 42ºW, pois já no Maranhão domina NE, soprando da isóbara 1012 de Alta para o interior. Tais ventos não ultrapassam contudo o paralelo 4ºS, limitando-se ao Pará e norte do Maranhão; e isto porque o alíseo de SE penetra ao sul do equador até o Amazonas ocidental na faixa 0º–8ºS, seguindo o gradiente dirigido para a Baixa de Rondônia.

Voltando ao litoral, vemos que as correntes de retorno principiam no paralelo 16ºS, em Caravelas, com direção ENE, passando a NE em Vitória, mas novamente ENE no Estado do Rio; tais componentes se explicam pelo trough existente no oceano ao largo do litoral fluminense.

Já na costa sueste os gradientes dirigidos E-W para a Baixa continental provocam ventos de SE no litoral de São Paulo–Paraná, mas de E a ESE no de Santa Catarina–Rio Grande do Sul. Tais correntes, em obediência à lei de Coriolis, deveriam soprar mais de NE, sob ângulo agudo e não perpendicularmente às isóbaras.

A este respeito devemos lembrar que as elevadas taxas de calmaria, conseqüentes dos fracos gradientes reinantes no Brasil, tornam pouco significativas as direções do vento médio, baseadas, por vezes, em menos de 30% das observações.

Por outro lado, é justamente a observação da tarde, no litoral, que, em virtude das fortes brisas do mar, mais contribui para o vento médio. Tais brisas são, por definição, normais à costa, o que permite explicar o traçado das cartas.

As formações de Altas interiores nada representam, porém, para os ventos. Estes sopram, em geral, de SE nos Estados sulinos, para a Baixa do Chaco, sendo, também, SE a média registrada no Rio Grande do Sul.

Já no centro do continente, em Mato Grosso, o controle pelo vetor de Coriolis parece melhor definido, mediante correntes de NW-NE, em redor da Depressão do Chaco, embora direções médias de SE apareçam no sul daquele Estado. O Acre ocidental registra igualmente SE, devido aos gradientes da pequena Alta do Amazonas. Observando a carta anual, encontramos uma rotação geral das direções para a direita, em várias regiões, a saber: costa leste, faixa interior ao longo do meridiano 46ºW, litoral do Rio Grande do Sul, e zona meridional elevada de Minas, tais giros sendo confirmados pelos troughs da carta isobárica.

Mas como já foi dito, e muito embora a maior persistência dos alíseos, os fracos gradientes reduzem bastante a significação dos ventos médios.

Realmente, a carta de calmaria indica valores abaixo de 20% ao longo do equador, no rio Amazonas, e em todo o litoral, excetuando as faixas de São Paulo (40 a 60%) e Santa Catarina (40%).

Assim, só se tornarão mais representativos os ventos médios do litoral e de algumas regiões do interior, a saber: Rio Grande do Sul, onde apenas a faixa de 30°S tem pouco mais de 20% de calmas, e os vales do Paraná, Alto Tocantins, Gurupi, Doce e Aracati, bem como o interior do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, regiões com menos de 20% de calmas.

O mesmo se poderá dizer do rio Madeira e do eixo Parecis—Maracaju, em Mato Grosso.

Já as zonas com mais de 60% ou até 80% de calmas, onde, portanto, os ventos médios são pouco significativos, compreendem o sudoeste do Amazonas, Acre, Rondônia, fronteira oeste de Mato Grosso, Brasil Central (sul do Pará e norte de Mato Grosso), Piauí e Maranhão.

Igualmente, acima de 60% temos o leste de Santa Catarina, litoral e oeste de São Paulo, bem como alguns trechos de Minas, Estado do Rio e Bahia.

O nordeste baiano e a vertente leste da Borborema apresentam mais de 40% de calmarias. Comparando os mapas 247 e 208 vemos que as regiões acima de 60% correspondem às formações isobáricas do interior, pouco intensas: Alta de Goiás ou do Amazonas, Baixa de Rondônia ou do Nordeste, Depressão de Minas e Altas de formação orográfica no sul, todas sob fraco gradiente.

É interessante constatar, igualmente, a acentuada influência dos vales, que canalizam as correntes, reduzindo, assim, a taxa de calmarias sempre mais elevada nas regiões abrigadas pelas serras.

VARIAÇÃO MENSAL

Os ventos no litoral leste-sueste dependem, principalmente, de gradiente da pressão na Alta do Atlântico Sul.

Como sabemos, a costa tropical se estende NNE-SSW, do cabo de São Roque a Salvador, N-S daí até Cabo Frio, E-W em direção a Iguape e, por fim, NE-SW até o Uruguai. Disto resulta, pela mudança de orientação no Estado do Rio, uma divisão do centro de ação em duas dorsais: a mais setentrional, de gradiente mais fraco, dado a maior costa do Rio Grande do Norte ao Espírito Santo, enquanto a meridional, de gradiente mais fraco, dado a maior distância do centro, ocupa o litoral sueste. Ocorre, assim, um trough ou Baixa junto à costa do Estado do Rio, onde a pressão será sempre menor que nos trechos litorâneos mais a sul ou a norte. Este quadro, bem nítido de outubro a abril, se atenua em maio-junho, mas sobretudo de julho a setembro quando, segundo as cartas oceânicas, uma única dorsal domina todo o litoral leste e sueste do País. Mesmo assim, a Baixa permanece no Estado do Rio.

Desde logo se pode constatar que a fase de “dupla dorsal” corresponde ao ao maior afastamento do centro de Alta para leste, próximo ao litoral da África, durante a primavera e o verão. Enquanto isso, a época de outono e inverno, quando o centro de alta pressão do Atlântico se situa mais para oeste, corresponde à dorsal única.

Por outro lado, os gradientes béricos se modificam no continente, em busca das Depressões interiores sediadas sobre o Nordeste, Minas e o Chaco. Esta última, deslocada para sul, em janeiro, experimenta um movimento no sentido NW de fevereiro a julho, mas para SE de agosto a janeiro, como já foi dito. Ora, na carta anual da pressão (n.º 208), a isóbara 1016 mb já revelava, perfeitamente, as duas dorsais que dominam a costa do Atlântico: uma do Cabo São Roque até Vitória e outra de São Paulo ao Uruguai, entre ambas se formando a Depressão de 1014 mb

no litoral do Estado do Rio. Daí resultaram ventos médios (carta 195) SE-E entre 4° e 17°S (parte norte da primeira dorsal), em busca da Depressão do Nordeste e ENE-NE de 17° a 23°S (parte sul da mesma dorsal), como correntes de retorno que sopram para as Depressões situadas no litoral do Estado do Rio e em Minas.

Já a segunda dorsal apresentava correntes SE-E, de um modo geral, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul.

No decorrer do ano verificamos que, quando o centro de ação está mais para sul, de dezembro a março, permanece também bastante afastado para leste; simultaneamente, a Depressão do Chaco se encontra mais deslocada para sul. Isto tende a formar gradientes, sobretudo de ESE.

No outono e inverno o centro de ação se movimenta para oeste, mas a Depressão do Chaco para noroeste, o que vem orientar os gradientes, sobretudo de SE, ou mesmo SSE. Tudo ficará mais claro examinando a orientação da isóbara externa do centro de ação que estendida NNE-SSW em dezembro, acaba por se colocar NE-SW em junho.

VENTOS DO LITORAL LESTE

1 – Consideremos assim o trecho do Cabo São Roque a Cabo Frio, coberto pela primeira dorsal:

	Gradiente	Vento Médio (Alísio)	Divergência (Latitude)	Gradiente	Vento Médio (Retorno)
Janeiro	ESE	ESE-E	14°S	E	NE
Fevereiro	ESE	ESE-E	16°S	E	NE
Março	SE	ESE-E	17°S	ESE	ENE
Abril	SE	ESE-SE	18°S	SE	E
Maio	SSE	SE-SSE	20°S	SSE	ESE
Junho	SE	SE-SSE	20°S	SE	E
Julho	SSE	SE-SSE	20°S	S	E
Agosto	SSE	SE-E	18°S	ESE	NE
Setembro	SE	ESE	16°S	SE	E-NE
Outubro	SE	E	16°S	SE	NE
Novembro	ESE	ENE	18°S	SESE	NE
Dezembro	ESE	ESE-ENE	16°S	ESE	NE

Sob a a rotação dos gradientes de ESE no verão para SE no outono e SSE no inverno, retornando a SE na primavera, os ventos médios litorâneos, no trecho ao norte da divergência, vão igualmente girando para S durante o outono e sobretudo o inverno, retornando a E na primavera e no verão. Isto se deve, como sabemos, à penetração da Alta no continente durante o inverno, penetração esta mais acentuada no trópico, e menos na faixa equatorial. Mesmo porque a Depressão do nordeste se estabiliza no decorrer do ano, enquanto a de Minas, intensa no verão, fica mais atenuada no inverno, permitindo o avanço da Alta oceânica.

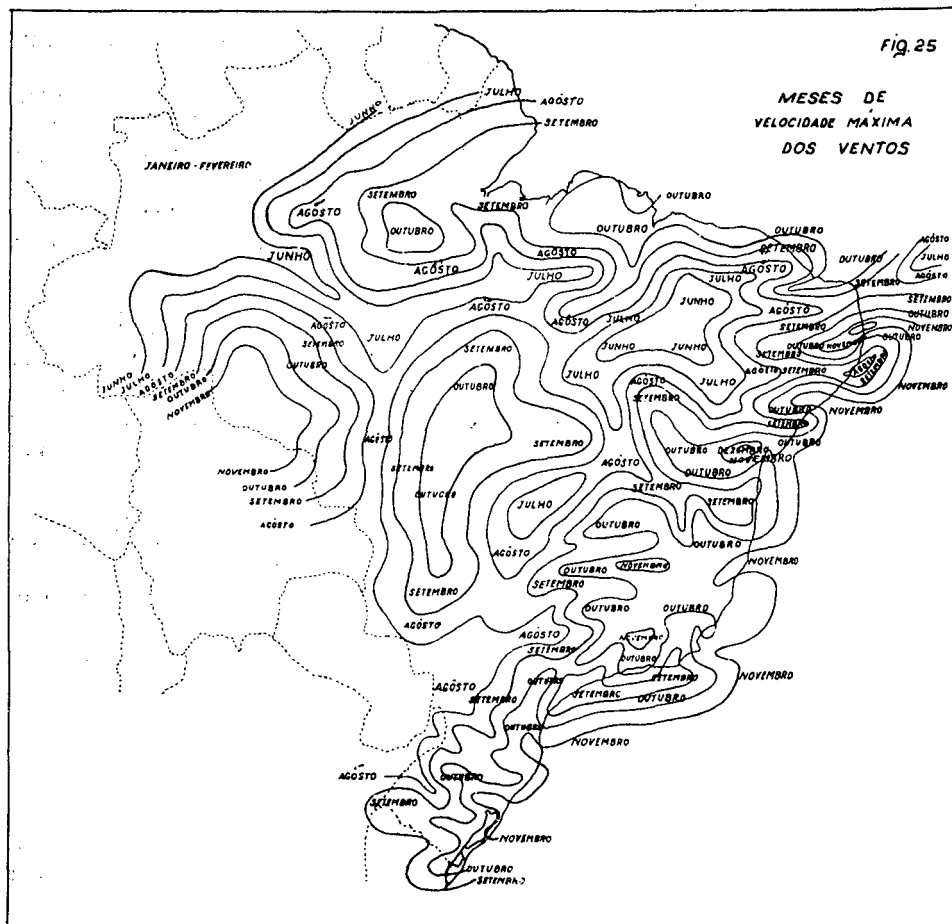
O exame das cartas 183 a 194 mostra que em janeiro e fevereiro o vento médio sopra de ESE no litoral, do Rio Grande do Norte e Paraíba, mas de E daí até Salvador. A diferença de atrito provoca a formação de um trough litorâneo, com giro das correntes para a direita, as mesmas se tornando de SE no interior. A gradual rotação para o quadrante sul vai se acentuando em março, com ESE na costa e SE no continente, tais direções progredindo em latitude até 17°S.

Em abril, o vento médio de SE, já sem desvio no interior, alcança 18°S. Mas no decorrer de maio-junho, SE domina até 20°S, julho já apresentando algumas direções de SSE.

Em agosto recomeça a rotação para SE; mas de abril a agosto não se verifica giro nas correntes, ao cruzarem o litoral. Setembro já apresenta outra vez ESE na costa, mas limitado a 16°S e rondando para SE no continente; outubro tem ventos médios de E, e novembro-dezembro de ESE até 8°S, mas E-ENE daí a 14°S, sendo nítido, de setembro a março, o giro para a direita no cruzamento do litoral.

FIG. 25

MESES DE
VELOCIDADE MÁXIMA
DOS VENTOS



As cartas de freqüência (n.º 222-234) fornecem os seguintes dados, levando em conta as de calma (n.º 235 a 247) :

a) A rosa dos ventos, neste trecho do litoral apresenta um domínio absoluto de NE-E-SE sobre as demais direções. Mas a freqüência de SE, máxima nas baixas latitudes (40 a 50%), vai declinando para sul, cedendo lugar a E e, por fim, a NE já sobre a zona de divergência. Este quadro, típico sobretudo de janeiro-fevereiro, evolui no outono e inverno para um reforço na freqüência de SE, às expensas dos ven-

tos E e NE, que se tornam mais raros. Simultaneamente, a área ocupada pelo aliseio vai se alargando em latitude (ver a coluna da divergência) até o mês de julho. Note-se, porém, que o declínio de NE e E não traz aumento, no inverno, apenas da freqüência de SE, mas igualmente dos ventos S e SW, correspondentes à retaguarda dos troughs, estendidos no litoral. Simultaneamente, avançando em latitude, os ventos SE cedem lugar, a princípio, aos do E, depois a S e SW.

Nessas condições, de janeiro a julho as direções do quadrante S (SW e SE)

ganham frequência às expensas das de E (NE e SE), ao mesmo tempo que a superfície ocupada vai aumentando.

De agosto em diante, fenômeno contrário se verifica, com enfraquecimento das componentes S e o aumento gradual das de SE, por fim de E-NE; enquanto isso a área do aliseo vai se reduzindo até dezembro.

Como é fácil constatar, na época seca, de novembro a dezembro, sopra ENE e, na chuvosa, de fevereiro em diante, ESE. Logo junto ao litoral, do cabo São Roque a Salvador, existe uma faixa, a barlavento das serras, ocupada por calmarias com frequências de 20 a 60%, e que domina sobretudo Alagoas, o litoral sul de Pernambuco e a faixa leste do Rio Grande do Norte.

A frequência das calmas se conserva elevada, atingindo 80% em Pernambuco, de janeiro a maio, mas declina em junho-julho, com mínimo no mês de agosto. Recomeça a aumentar em setembro, assim crescendo até dezembro.

2 — Do que dissemos pode-se concluir que a zona de divergência das correntes, onde os aliseos rondam para as direções de retorno, está mais próxima do equador no verão (14° em janeiro), e vai avançando para sul com o inverno; chega, assim, a 17°S em março, 20°S de abril a junho, retornando a 16°S em setembro. Isto significa que a faixa de ESE-SE do aliseo se estende, cada vez mais, para sul, até 20°S no inverno, enquanto a direção também ronda para S. Já a faixa dos ventos de retorno, de NE, domina cada vez mais para Norte na estação quente, chegando a 14°S em janeiro; os ventos rondam, assim, para NE no verão e E ou ENE no inverno.

Tais correntes “de retorno” tendem, assim, para NE desde setembro, alcan-

çando maior força em dezembro-janeiro, mas voltam para E no outono e inverno, confundindo-se nesta zona com os aliseos. Tudo se deve, como é fácil constatar, a que a depressão de Minas, mais intensa na primavera e verão, acarrete direções de NE na costa, mas se atenua no outono e inverno, quando sopram ventos E-SE.

Nas cartas de frequência o trecho “sul da Bahia—Cabo Frio” registra, em janeiro, maior domínio de NE, seguido de E e N, depois SE. Caminhando para sul, durante o verão E se reduz, N aumentando. Com o avanço do outono e inverno, a faixa de retorno no setor em questão vai se restringindo pela invasão, mais ao norte do aliseo genuíno de SE. Assim, a região de correntes NE fica limitada em julho ao Estado do Rio e Espírito Santo. Simultaneamente e durante a estação fria vai crescendo a frequência dos ventos polares de S, SW, W, na retaguarda das frentes ou troughs, enquanto diminui a das direções de E. Na primavera e verão, o vento de retorno se estende progressivamente, resultando no gradual avanço e aumento das correntes NE-E, mas restrição das polares de S-SW. Desse modo logra restabelecer até Ilhéus, a 14°S, em dezembro, o domínio de NE-E-N.

Nesta região, as calmarias dominam o interior, a barlavento das serras, com frequências de 40 — 60%, em janeiro, que declinam de fevereiro até abril, crescendo de novo em maio. Nova diminuição ocorre a seguir, agosto e setembro experimentando mínimos e outubro um pequeno máximo. É, aliás, em novembro e dezembro que a área de calmarias vem a recuar para o interior.

VENTOS DA REGIÃO SUL

3 — A faixa de Cabo Frio ao Uruguai apresenta a seguinte evolução nos seus

dois trechos: E-W (até Santos) e NNE-SSW (de Santos ao Rio Grande do Sul:

Mês	Gradiente (trecho E-W)	Vent. Médio (idem)	Gradiente (trecho do Sul)	Vento (idem)
Janeiro	ESE-S	SE	E-ESE	ENE-ESE
Fevereiro	E-S	SE-E	SE-E	NE-ESE
Março	SE-S	SE-E	SE-E	E-ESE
Abril	SSE-ESE	ESE	SSE-ESE	SE-ESE
Maio	SE-ESE	ESE	E-ENE	NE-SE
Junho	SE-ESE	ENE	E-ENE	NE-ESE
Julho	ESE-E	ESE	ENE-E	NE-ESE
Agosto	ESE-ESE	ESE	E-ENE	NE-ESE
Setembro	ESE-S	SE	ENE-ENE	NE-ESE
Outubro	ESE-ESE	SE	SE-ENE	E-ESE
Novembro	ESE-E	SE	ESE-ENE	ESE-ESE
Dezembro	ESE-SE	SE	ESE-ENE	NE-ESE

Desde logo, e lembrando que se trata de ventos médios, porquanto os alíseos de retorno são muito perturbados, concluímos que no primeiro trecho E-W, de Cabo Frio ao sul de São Paulo, as correntes sopram de SE, na primavera e verão, quando a segunda dorsal está mais destacada, e se torna mais intensa a depressão no litoral do Estado do Rio. Tendem, contudo, para ESE no outono e inverno, fases em que a referida Baixa se atenua pela fusão das dorsais (de norte e sul) numa única formação de Alta.

Mais para sul, no trecho N-S da costa, os ventos variam muito sobre o Paraná e Santa Catarina, embora conservando características do retorno. São, assim, de E a ESE em outubro-novembro, e NE de dezembro a fevereiro, voltando para E-SE em março e abril, mas NE no inverno, de maio a setembro.

Em compensação, no Rio Grande do Sul o vento médio é praticamente ESE todo o ano.

Isto significa que o trough formado na Serra Geral, separando as correntes de Santa Catarina das reinantes no Rio

Grande do Sul, é mais nítido no verão e sobretudo durante o inverno e início da primavera, atenuando-se com o fim desta última estação, e no outono já o trough, que destaca os ventos de retorno do Espírito Santo dos da dorsal na costa sueste, se localiza a 22° no litoral do Estado do Rio durante todo o ano. Mas é sobretudo a 45°W, na serra da Mantiqueira, que se nota o giro das direções NE, em Minas, para SE em São Paulo.

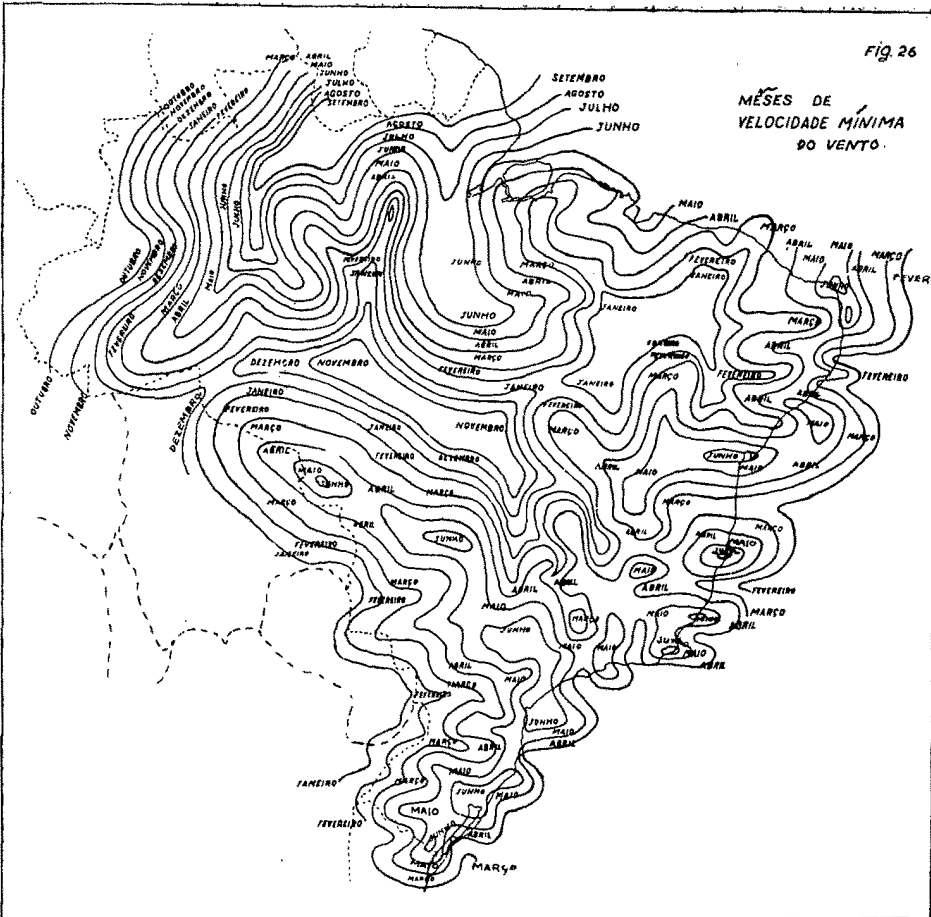
Uma consulta às cartas da pressão mostra que no verão, em janeiro, direções ENE devem soprar em média no Estado do Rio, para a Baixa litorânea aí existente. SE domina porém na costa de São Paulo, com o trough situado na serra do Mar, prolongando a depressão de Minas. Já NE cobre o Paraná, vindo da pequena Alta, no oeste de São Paulo, para o trough na Serra Geral. Sopram ainda ventos NE, da dorsal em Santa Catarina, para o trough no Rio Grande do Sul, cujas correntes SE se dirigem para a Baixa do Chaco.

Fevereiro tem um quadro semelhante, salvo em Santa Catarina, onde a maior penetração da Alta produz direções ENE, mantidas até abril.

Em maio os anticiclones interiores começam a influir, explicando a divergência de ventos no vale do Paraná, onde sopra em junho ENE-E para a Baixa da Bolívia, cobrindo São Paulo e Mato Grosso; mas se registra N-NW até o trough da Serra do Mar, sobre o Paraná. Julho tem quadro análogo, com um trough na latitude 26°, onde os ventos giram de NW para E. Já em setembro a atenuação das Altas interiores começa a reorientar as correntes para a direção SE, perdurando tais condições até o verão, em dezembro.

As cartas de frequência indicam, porém, junto com as de calmaria, que o vento médio perde, praticamente, sua

FIG. 26

MÊSES DE
VELOCIDADE MÍNIMA
DO VENTO.

99

significação nestas latitudes, submetidas a grande variabilidade nas direções, sob constantes invasões de massa polar.

Sobre o Estado do Rio, as correntes durante o verão predominam de NE, seguidas de N e SW. Isto para o trecho mais a leste e as serras. Próximo a São Paulo, ventos NW, S, SW, SE começam a competir com os de NE.

Durante o inverno NE se reduz, aumentando a frequência de N, S, mas já em agosto aquela principia a dominar, as demais declinando até dezembro.

Na região oeste o vento NE, mais frequente no verão, outono e inverno, decresce na primavera, quando SW aumenta. As rosas contudo mostram distribuição quase uniforme, entre NE-NW-SE-S-SW.

São Paulo apresenta predomínio de SE no verão, seguido de E-N a sota-vento da Serra do Mar. No litoral sopram N-NE, SE, NW, SW, nesta ordem de frequências.

Com a chegada do inverno SE domina no interior, devido à dorsal no sul do Brasil e mais ainda na

primavera, restringindo-se outra vez durante o verão. Na costa o quadro antes descrito cede lugar a uma mudança de regime no outono e inverno, em torno de Santos; a norte desta região sopra NE-N, e ao sul correntes SE-SW-W. Com a chegada do verão as direções tendem para E e NE.

A taxa de calmarias, elevada no interior do Estado do Rio, onde atinge 40 a 60, ou mesmo 80%, sofre uma redução na primavera. Já em São Paulo, também com 40 a 60%, nota-se declínio em abril e nova queda muito sensível em agosto, ao passo que os meses de setembro a dezembro conservam uma taxa regular.

No Paraná e Santa Catarina, as maiores frequências correspondem a NE-SE, seguindo-se SW, tudo isto no verão. Há maior aumento no outono e inverno dos ventos S-SW, reduzindo-se NE-SE, mas crescendo N. Desde agosto o quadro de verão começa a se delinear, declinando S-SW, e aumentando NE-E.

A taxa de calmarias permanece elevada no verão, com dois núcleos acima de 60% sobre o leste de Santa Catarina e oeste do Paraná. Este último já desapareceu em junho, limitado a 20%, o de leste também se reduzindo, pelo menos em área. De agosto a dezembro somente o núcleo a leste de Santa Catarina, com 60%, ainda se mantém estendido zonalmente e ocupando menor superfície.

Os ventos de bom tempo, NNE-ENE, predominam de outubro a abril, mas evoluem para SW nas perturbações.

De abril a setembro o NE alterna com W (pampeiro), SW (minuano) ou SE (carpinteiro da costa), ambos violentos, trazendo chuvas. Em todos os casos, N e sobretudo NW são mais quentes e secos; já mais frios SW-SE, o último úmido.

No Rio Grande do Sul, durante o verão, sopram correntes de todas as direções, predominando SE, E, NE, e a seguir N-NW.

Com o outono, em março, aumenta SE, mas no mês de maio as componentes polares de SE-SW vão se reforçando, tais condições persistindo no inverno e se atenuando na primavera, quando NE-SE voltam a dominar até o verão. O Rio Grande do Sul é na estação quente muito ventoso, com menos de 20% de calmas. Estas surgem com maior frequência de abril a julho, época em que certos trechos no centro apresentam acima de 40%, com declínio em julho e agosto. De setembro a novembro se restabelece o quadro de taxa inferior a 20%, enquanto dezembro, iniciando o verão, é muito ventilado.

VENTOS DO LITORAL NORTE

4) Na costa equatorial, do Amapá até o cabo de São Roque — a evolução dos ventos depende basicamente do percurso da FIT. Trata-se de uma região onde a força desviante é quase nula, as correntes soprando ao longo do gradiente e normalmente às isóbaras, estendidas WNW-ESE no litoral. Como foi visto no estudo anterior da Circulação, a FIT atinge sua latitude setentrional extrema em outubro (11°N), e desde então vem caminhando para o hemisfério Sul, encontrando-se a 5°N em novembro, 1°N em dezembro, 0° em janeiro, 1°S em fevereiro, e 4°S em março. Recua então, novamente, para o hemisfério Norte, voltando a 2°S em abril, 0° em maio, 5°N em junho, 8°N em julho e 11°N em outubro.

Como já dissemos, tal percurso corresponde à faixa de radiação nítida positiva, e movimento ascensional do ar.

Nessas condições, o sistema de ventos NE, do centro dos Açores, começará a

surgir no Amapá em novembro, já em dezembro chegando a Belém, e em março à sua posição extrema, sobre o Ceará. Retorna, então, limitado ao Pará em maio, para abandonar em junho o território brasileiro.

Simultaneamente os alíseos de SE, mais recuados em março, quando não ultrapassam o Rio Grande do Norte, começam a avançar para oeste no mês de abril, já em maio atingindo o Pará. No mês de junho logram dominar todo o norte do Brasil, assim se mantendo até novembro. Recuam então para o Pará em dezembro, Maranhão em fevereiro e Ceará em março.

Tais movimentos provêm da intensificação no centro do Atlântico sul que, sob maiores pressões, progride para norte no inverno, chegando à sua menor latitude em setembro, com o aliseo SE invadindo todo o norte do Brasil.

Temos com efeito, para limite setentrional da referida corrente no oceano:

Mês	40°W	30°W
Janeiro	1°N	1°N
Março	1°S	1°S
Maio	0°	2°N
Junho	4°N	3°N
Setembro	6°N	2°N
Novembro	4°N	3°N

Já no verão, sob o recuo para maiores latitudes do centro do Atlântico sul, os alíseos de NE, embora provenientes de um núcleo dos Açores mais atenuado, invadem a costa setentrional do País.

As cartas do vento médio indicam em janeiro direções de ENE-NE desde o litoral maranhense até a fronteira Pará-Amazonas, o aliseo de SE-S dominando aparentemente até o Piauí e sul do Maranhão.

Em fevereiro o giro para NE parece se estender mais um pouco, até a fronteira do Piauí, e em março NE se torna bem nítido até o interior do Maranhão. Mas os ventos médios não traduzem o domínio da FIT até o Ceará, como seria de esperar.

De abril em diante aquelas direções começam a rondar para ENE, e em julho somente o trecho que se estende do litoral maranhense ao oeste do Pará revela ENE. Em agosto, porém, ainda com a FIT muito afastada, já se nota naquela região novo retorno para NE, mais acentuado em setembro-outubro. No decorrer de novembro, quando só então a FIT chega ao Amapá, NE domina até o Maranhão, em dezembro aí se mantendo. Concluímos que são escassos os esclarecimentos colhidos em tais cartas, exatas contudo, dado que os ventos NE sopram normalmente às isóbaras, da Alta oceânica para a Baixa interior.

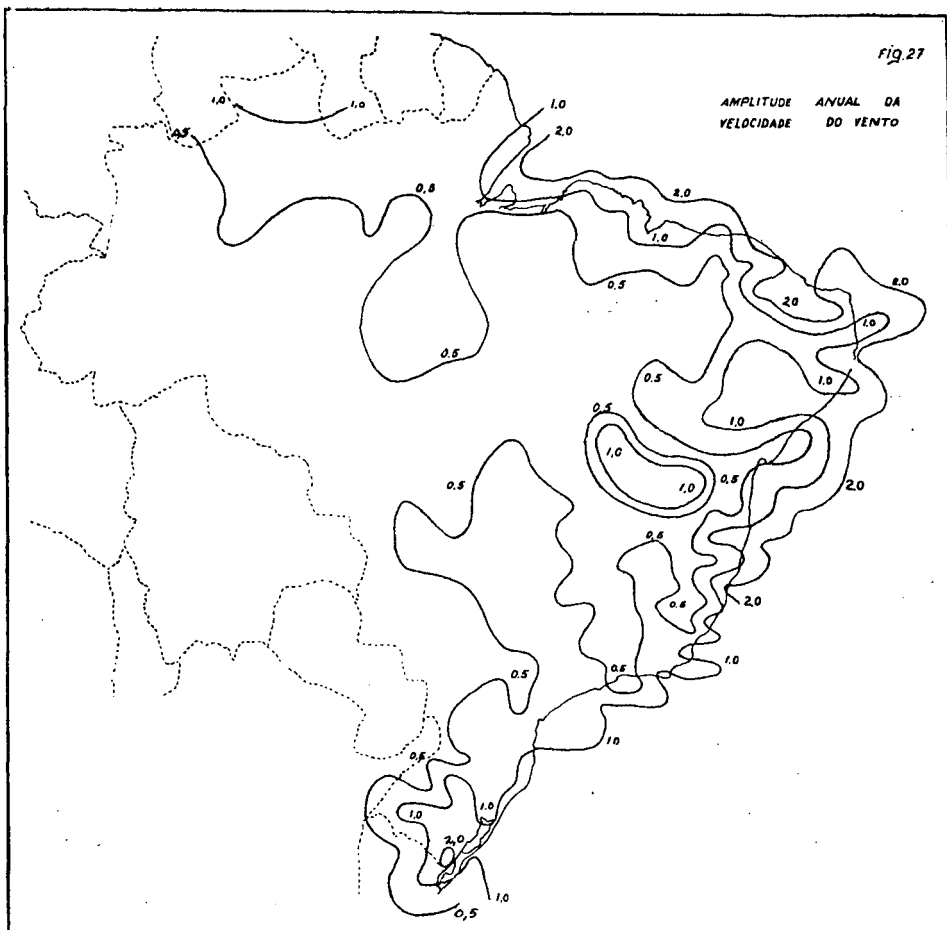
Analisemos assim os mapas de frequência e calmarias:

— em janeiro, sobre o litoral do Maranhão ao Pará, bem como no vale do baixo Amazonas, predomina NE em 50% dos casos, seguido de E e N, enquanto mais no interior ventos SE-S começam a aparecer. Tais correntes, contudo, não ultrapassam a latitude 4°S, onde já dominam calmarias. Aliás, embora mais a leste, no Ceará e Rio Grande do Norte, soprem E e SE, NE ainda se apresenta com frequência, como explicaremos depois.

Este quadro se mantém com pequenas alterações em fevereiro e março. Em abril, contudo, o vento NE se reduz, SE aumentando, o que indica, realmente, um retorno do aliseo. Este, em maio, já domina o interior do Maranhão, quadro mantido até julho. Somente o litoral daquele Estado e o vale do Amazonas, no extremo este do Pará,

Fig. 27

AMPLITUDE ANUAL DA
VELOCIDADE DO VENTO



conservam o domínio do NE, embora enfraquecido.

Em agosto NE se reforça, e mais ainda no decorrer de setembro e outubro, quando já aparece no interior do Ceará. Novembro e dezembro mostram o predomínio do NE nesta região.

Não se deve porém atribuir ao "alíseo" de NE todos os ventos que sopram na costa equatorial, daquela direção. O alíseo em questão varre a área citada, na verdade, mas no período de verão, pois, como dissemos, atinge o Amapá em novembro, o Pará em dezembro e o Ceará em março. Daí retorna, limi-

tado no decorrer de maio a Belém, para em junho abandonar o território do Brasil.

Desse modo, os ventos NE registrados nos meses restantes de inverno, ao longo da costa e no vale do Amazonas, constituem apenas um "desvio" do alíseo de SE. Este alcança o hemisfério Norte, nele avançando até 10°N em setembro e outubro, mas vem a rondar, tomando a direção de NE junto ao litoral da América do Sul, como "Monção de Verão", atraída pelo aquecimento continental no período abril-novembro. É certo, entretanto, que o alíseo de SE, contido pela FIT em março,

avança durante abril e maio para o interior do Maranhão, onde o NE, mais freqüente em março, se reduz nestes dois meses, mantendo-se escasso até agosto. Em setembro, NE começa a dominar no Maranhão e em outubro também no Ceará interior, tal quadro permanecendo até janeiro. Mas em fevereiro e março SE cobre o Ceará.

No Pará leste, de maio a agosto, SE aparece, por vezes, mas sempre com menor freqüência que NE, este dominando, aliás, absolutamente, de setembro a abril.

As cartas de calmaria indicam freqüências abaixo de 20% em janeiro no litoral e margem esquerda do Amazonas, a norte de 2°; aquelas crescem contudo para o Amapá até 60%, e para sul mais rapidamente, dominando 60% já a 4°S e 80% a 6°S.

A área acima de 60% cobre o interior do Piauí, sul do Pará e Amazonas meridional, o Acre tendo 80%.

Em todos os casos, a área com redução das calmas corresponde ao gradiente N-S, da dorsal oceânica para o trough interior, geralmente paralelo ao litoral. Naquele, e nas formações de Altas e Baixas isoladas, são raros os ventos.

A área de calmas se reforça em fevereiro-março e ainda mais em abril, quando o oeste Amazônico também experimenta maior freqüência das mesmas.

Em maio existe aí certa redução das calmas, que persistem porém no restante do território.

Junho registra, indiscutivelmente, um avanço do alíseo SE até o Piauí, onde as calmas caem de 80 para 60%, mas agosto parece ser o mês mais ventoso no norte, pois somente Acre e Rondônia têm mais de 80%, enquanto a área abaixo de 20% vai se estendendo

para oeste. De setembro a dezembro ocorre novo reforço das calmas, estas atingindo 80% no Brasil central desde setembro. Elas coincidem, aliás, com as chuvas, em cujo período de setembro a abril são mais freqüentes, atenuando-se na seca de maio a agosto; mas dominam por todo o ano na faixa interior, de 4° até 14°S, onde, desse modo, as rosas do vento têm reduzida significação.

O vento é, portanto, nesta região, um fenômeno sobretudo litorâneo, daí se estendendo por alguns vales entre os quais a encosta setentrional do Amazonas, geralmente como NE. Algumas correntes de SW-NW aí notadas na passagem dos troughs, são, geralmente, acompanhadas de chuvas.

VENTOS DA BACIA AMAZÔNICA

Pela carta de direções médias, e considerando a princípio a faixa a norte de 12°S, temos em janeiro ventos de ENE-E na margem esquerda do baixo Amazonas, nas de ESE na direita, indicando uma convergência sobre o rio. Mais a oeste ocorre um giro para ESE, na faixa de 64° a 68°W, e outro a N-NW nos limites com o Peru, ou sobre o Acre.

A carta de calmarias indica que as direções E-ENE, da margem esquerda, são significativas, com menos de 20% de calmas, mas não as da direita, onde rapidamente a taxa de casos com velocidade zero cresce para sul até 60% (4°S) e 80% (6°S), excluindo o vale do Madeira. Com efeito, na margem sul do rio, as rosas do vento indicam correntes pouco freqüentes e de todos os quadrantes, embora as de NW predominem no Acre e Rondônia (divergindo da Alta no oeste Amazônico) e as de SE-E mais ao norte, pelo mesmo motivo. No vale do Tapajós quase não há ventos. Em fevereiro o quadro pouco muda, mas em março ocorre uma ro-

tação das direções médias para SE no Pará, e NW no Acre e Rondônia, a distribuição das calmarias pouco se alterando.

Em abril os ventos médios vão tendendo a SE-ESE em toda a margem direita, inclusive no Acre, e também na margem esquerda, a oeste de 60°W. Mas como as calmarias continuam muito frequentes, as rosas observadas têm pouca significação. Maio já indica maior rotação para SE, ou mesmo SSE no Acre, permitindo porém forte taxa de calmas, com 80% até 4°S no Pará e 8°S no Acre, enquanto a linha de 60% atinge 6°S no Acre. As cartas de frequência revelam neste caso direções de E-ESE na região norte de Mato Grosso, derivadas do alíseo SE; mas já de S-SE no Acre e S no Amazonas, indicando ventos provenientes de entradas polares, ou dos troughs que as precedem.

Desse modo, desde abril a influência da Depressão do Chaco, acentuada de janeiro a março, praticamente desaparece.

Junho tem na direção média um quadro análogo ao de maio, mas com ventos mais frequentes, mesmo porque as calmarias se reduziram, a isolinha 80% recuando no Pará a 6°S e no Acre até 10°S.

Julho apresenta ventos médios geralmente de SE, com área de calmas um pouco mais estreita que junho, e correntes distribuídas nos diversos rumos, predominando SE-S-E-N-NW, nesta ordem.

Agosto mantém médias de ESE no baixo Amazonas (margem direita) e contudo SSE e SSW no Acre e alto Amazonas, ainda na margem direita. As calmas se reduzem bastante a leste, onde não ultrapassam 60%, mas se reforçam para 80% no Acre. Na região sopram

ventos principalmente do quadrante S.

Setembro traz pouca modificação nas resultantes, mas a taxa de calmas cresce novamente, enquanto outubro começa a mostrar ventos médios de N, dado o reaquecimento e agravação da Baixa continental.

A elevada frequência de calmas vai tornando menos significativas as rosas de frequência.

Novembro mais reforça o quadro do verão, com ventos médios de N-NNW no oeste Amazônico, e E-ESE no leste, mas distribuição das calmas sem alteração.

Em dezembro, por fim, os ventos médios são decididamente de N na região a oeste de 62°W, mas a grande área de calmas só é varrida por raros ventos de N a NW.

O panorama geral da margem direita do Amazonas é assim diverso nas duas áreas a leste e oeste de 62°W: na primeira os ventos médios de ESE no verão evoluem para SE no outono, e novamente ESE no inverno, com E-ESE na primavera. Mas a grande taxa de calmas, que só em agosto declina um pouco, resulta em rosas pouco significativas.

Observando as cartas de pressão, vemos que tais correntes sopram ao longo do gradiente, da Alta de Goiás para a Baixa de Rondônia, cujo trough aponta para nordeste, sobre Marajó, acarretando assim a rotação dos ventos ao quadrante SE no outono.

Por outro lado, os fracos gradientes permitem explicar as calmarias reinantes nesta vasta área de pântano depressionário.

No setor mais ocidental, os ventos médios, de NW entre janeiro a março, passam em abril para ESE-SE, rondando para S até junho, e SE a SW em julho, ou SSW em agosto.

Em setembro eles giram a SE-S, mas a região meridional já apresenta N em outubro, N-NNW em novembro, e N em dezembro.

A taxa de calmas vai declinando de sul para norte, sendo de 80% no Acre e 20% sobre o Rio Amazonas, com oscilações no decorrer do ano. Ao longo do Madeira, que separa esta região da anterior, a taxa de calmas é fraca, o vale em questão correspondendo ao trough entre a Alta do Amazonas e a dorsal dos Açores, no qual os gradientes se intensificam.

A situação isobárica, contudo, justificaria ventos de N no Acre todo o ano e de SE na margem esquerda do Amazonas. Assim, a rotação para SE no Acre, durante o inverno, indica a frequência das invasões frias, os gradientes tendo pouca significação em tão baixas latitudes.

VENTOS DO INTERIOR LESTE

Estudaremos agora as correntes observadas no vale do São Francisco, onde os alíseos de retorno são desviados para a Depressão de Minas.

Pelas cartas médias comprova-se em janeiro uma rotação anticiclônica ao longo das cumeadas — chapada Diamantina, Espinhaço e Mantiqueira — o alíseo de SE aí girando para NE-NNE, e como tal descendo o vale até Minas. Trata-se de correntes que divergem da Alta do Atlântico para a Baixa interior. Já no leste de Goiás encontramos ventos médios, também de NNW, soprando da Alta existente ao Norte do Estado para a mesma Depressão e formando convergência num

trough ao longo do vale do São Francisco.

Em fevereiro os ventos médios tendem a rondar para NE, com a modificação parcial do quadro isobárico, e ainda mais em março, dado que os alíseos também giram para SE. Sob a mesma tendência, abril apresenta ventos médios de E em toda a parte oriental do vale e na região de Minas, mas de NE na zona limítrofe com Goiás, todos soprando para a Baixa interior.

Tal situação quase não se altera em maio e junho, os alíseos penetrando em média de E, até Mato Grosso. Em julho eles giram para ENE, sempre em direção à Baixa de Minas, aspecto mantido durante agosto e setembro.

Com o aquecimento em outubro, recomeça a rotação das correntes para N, mediante ventos NE no leste do vale, e N a NNE no oeste, mesmo porque os alíseos no litoral estão rondando para E-ENE.

Tal quadro mais se intensifica em novembro, e sobretudo dezembro com NE-ENE no leste e N-NE no oeste.

Vejamos o significado destes valores pelas rosas de frequência.

No mês de janeiro as direções mais frequentes são de SE-E-NE, ao norte do vale, evoluindo para E-NE-N mais a sul, com raros ventos de S. Já no limite de Goiás sopra sobretudo N, seguido de NE-E-NW.

Contudo, as calmas têm grande frequência em Minas, cerca de 60%, sómente nos pontos mais elevados, a respectiva taxa declinando para 20%.

Fevereiro e março vão apresentando maior frequência de componentes E a SE, a área de calmas se estendendo para norte em março. Abril, com certa re-

dução das calmas, confirma o aumento das componentes E-SE, em detrimento de N-NE, tudo prosseguindo em maio.

Durante junho e julho persiste a tendência para a intensificação dos ventos E, mas mesmo no inverno S continua raro, indicando que as montanhas detêm a penetração das massas polares. Julho, contudo, mostra certa redução das calmas, desaparecendo os núcleos de 80%, pois apenas se encontram os de 60%. Agosto, bem mais ventoso, com fracos centros de 60% na carta de calmarias, revela aumento das componentes NE, enquanto setembro já permite o reforço de NE-N, mas reduz E, as calmas descendo a um mínimo, limitadas a 40%, embora existam pequenos núcleos de 60%.

Outubro, novamente com maior taxa de calmarias, vai acentuando o domínio de N-NE, ou mesmo NW, e reduzindo o de E, tendências que prosseguem durante novembro; dezembro, por fim, retoma o quadro de verão, com domínio de N-NE-E, e no limite de Goiás NE-N-NW, havendo sensível redução das calmas com relação a novembro.

VENTOS DO CENTRO-OESTE

No mês de janeiro os ventos médios, quase tangentes às isóbaras da Baixa do Chaco, sopram de N-NNW em Mato Grosso, mas de NE-ENE em Goiás. Daí resulta convergência ao longo do trough que se estende SW-NE, paralelamente ao rio Paraná.

Como é natural, as zonas sem gradiente, nos centros de Alta (Goiás e Sul de Mato Grosso), ou na Depressão de Rondônia constituem regiões com mais de 60 a 80% de calmas, taxa que declina a 20% nas faixas de gradiente intenso.

As direções mais comuns são de N-NW a noroeste e N-NE-E-NW em Goiás.

No sul de Mato Grosso surgem frequentemente ventos de SE-S, provenientes da massa polar, ou simplesmente de troughs induzidos.

Em fevereiro os ventos médios quase não se alteram, embora girem para NNE no leste de Mato Grosso, dado o recuo, para sueste, da Baixa de Minas e da Alta de Goiás. Permanece o quadro das calmarias, enquanto nas rosas de frequência NE predomina, via de regra, sobre o NW.

Em março prossegue a diferença entre o oeste de Mato Grosso, sob ventos médios de N, e a parte leste, que, como Goiás, fica sob correntes de NE, rondando a ENE no Planalto Central.

O fato se explica pelo acentuado deslocamento para leste da Alta de Goiás, com recuo para NW da Baixa do Chaco, os ventos soprando no sul de Mato Grosso, em divergência da Alta ali localizada. Não há praticamente alteração nas calmarias, sempre dominantes (80%) no Brasil central ou ao sul das cadeias de Parecis-Furnas (60%), nas cumeadas se notando somente 40%. É, também, apenas de 20% a taxa no vale do Paraná.

De um modo geral, os ventos N-NW se reduzem, mas não é o NE que predomina; muito ao contrário, o aumento das componentes S, SE ou SW, com a chegada do outono, vai tornando de ENE as direções médias. Em abril há uma decidida rotação das médias, sobre Goiás e leste de Mato Grosso, para ENE-E; mas para SE, no sul do último Estado, as de N só se mantendo na parte setentrional sobre a Bacia Amazônica. Os ventos indicam uma rotação de baixa em torno do centro próximo de Corumbá, mas as cartas de pressão não confirmam o traçado nem as de calmarias, igualmente, por análogas ao aspecto de março.

As correntes sopram agora com maior frequência do quadrante S, embora NE continue a predominar.

Maio — persiste a rotação, as direções médias tendendo para E em Goiás, e SE-S em Mato Grosso. Tornam-se elas mais significativas, dado a acentuada redução na taxa de calmas, com grandes áreas sob 20%. Prossegue simultaneamente o aumento das componentes de E em Goiás, e SE-S na região meridional de Mato Grosso, onde contudo NE predomina.

Junho — ventos médios de E-ENE em Goiás ou Mato Grosso oriental, girando a SE-S no setor oeste, o que indica um trough N-S a 55°, apenas esboçado, contudo, nas cartas de pressão. Estas, cujo traçado ficou prejudicado por falta dos dados na Bolívia e Paraguai, deveriam, segundo o vento médio, apresentar uma Alta destacada naqueles países desde março; a mesma progride para norte durante o inverno, enquanto a Baixa continental recua até o sul do Amazonas. O anti-ciclone da Bolívia não passa, contudo, de simples dorsal interior do "centro do Atlântico".

Há menor taxa de calmas que em maio, e ventos de várias direções, predominando NE, mas com frequentes casos de S-SE.

Julho — os ventos médios são de E em Goiás e SE em Mato Grosso ocidental, de acordo com a grande dorsal de Alta situada no sul do último Estado.

As calmarias se tornam um pouco mais frequentes, com rosas pouco diversas das de junho.

Agosto — nota-se ainda maior giro para E e S-SE nos ventos médios, nenhuma componente de N aparecendo, dado o gradiente SE-NW da Alta de Mato Grosso para a Baixa de Rondônia.

A taxa de calmas é menor que em julho na região norte (60%), mas permanece a oeste em 60 — 80%, contra 20% no sul.

Os ventos de Goiás mostram, porém, aumento do NE e redução de E, enquanto sobre Mato Grosso, onde dominam N, NE, continuam frequentes as direções de S.

Setembro — os ventos médios em Goiás retornam a ENE, mas permanecem de SE na parte meridional de Mato Grosso.

Na zona setentrional, porém, N reaparece, correspondendo a uma extensão para o sul da Baixa de Rondônia.

As rosas do vento não diferem muito das de agosto, salvo nas baixas latitudes de Mato Grosso, onde N se intensifica.

A taxa de calmarias cresce bastante com relação àquele mês, dado o início da época chuvosa.

Outubro — o aspecto do vento médio é análogo ao de setembro, pouca diferença apresentando, também, as rosas de frequência, embora a taxa de calmas diminua ligeiramente.

Novembro — o quadro de verão reaparece sob ventos decididamente de N em Mato Grosso, exceto no extremo sul, onde domina SE; em Goiás sopram N a NNE.

As correntes são de N ao longo da Baixa de Rondônia, mas os ventos SE indicam que a Depressão continental ainda não se definiu no trópico.

As direções permanecem variáveis num quadro de calmarias igual ao de outubro.

Dezembro — o vento médio é semelhante ao de novembro, correntes de

N soprando ao longo das isóbaras na Baixa no Chaco, enquanto outras de NE-SE provêm das Altas interiores.

Os ventos S perdem freqüência, enquanto N a NE a têm aumentada, permanecendo as calmarias com taxa análoga à de novembro.

Resumindo o quadro das variações, constata-se que os ventos sopram de N no verão, mas rondam para NE no outono, e SE no inverno ou início da primavera, voltando a N no fim desta última sobre a região de Mato Grosso.

Já em Goiás temos N no verão, NE no outono, E no inverno e ENE-NE na primavera. Quanto às calmarias, apresentam um mínimo de 20 a 40% nas serras de Parecis e Furnas, com máximo de 60-80 no Brasil central e região em torno de Corumbá, o mínimo de 20% ocorrendo no vale do Paraná.

Sua freqüência, elevada no verão, declina de abril a junho e aumenta em julho, caindo outra vez durante agosto, para crescer até um quadro estável na primavera.

Claro está que a evolução dos ventos depende da posição da Baixa continental: — no fim da primavera e verão, com aquela em média a 25-30°S, as correntes sopram de N a NE. No outono e inverno, deslocada a mesma para NW, sobre Rondônia, os ventos se tornam de E a SE. Além disso, e no decorrer do ano, a freqüência dos ventos S cresce com a latitude, declinando a das correntes N; o fato se compreende, por traduzirem os primeiros direções de massa polar, mais freqüentes a sul do trópico.

ROTAÇÃO DOS VENTOS

No sul do Brasil, submetido a contínuas passagens da Frente Polar, o vento NE do centro de ação indica bom

tempo e fraca atuação de massas na Patagônia. A temperatura é moderada, sob um céu geralmente limpo.

A intensificação da Frontogênese na FPA orienta as direções, a princípio para N; depois, se a Frente já avançou no sul do Brasil, para NW, como vento prefrontal, que acarreta aquecimento acentuado e céu limpo ou então nebulosidade forte. Fenômenos de estabilidade, como a névoa seca, se agravam, muitas vezes, sobretudo na primavera.

A passagem da Frente faz rondar as correntes para SE-S ou SW, as primeiras marítimas e úmidas, com chuvas contínuas, as segundas mais secas, trazendo precipitações escassas, ambas, porém, causando declínio da temperatura. Posteriormente, com o avanço da Alta polar para nordeste, as direções giram a E e, por fim, NE, retornando o bom tempo.

Em Mato Grosso os troughs prefrontais trazem chuvas com ventos NW, enquanto a intensificação da FP acarreta ventos de N, com bom tempo. Na entrada frontal, as correntes giram para S. No litoral leste, até a Bahia, ventos NE estão associados a bom tempo, enquanto os de SW sopram geralmente na retaguarda dos troughs, produzindo precipitações. As direções evoluem porém para SE, com nebulosidade, sob um avanço frontal no Paraná; e NW, quando a própria Frente Polar se aproxima, precedida de aquecimento e limpeza. Neste caso, a passagem frontal traz ventos frios de S.

De um modo geral, na costa leste, ao norte da Bahia, NE está associado a bom tempo e aquecimento, SE a declínio de temperatura e chuvas.

No Pará e Maranhão o avanço das Frentes no Rio Grande do Sul causa ventos NE, trazendo precipitações, en-

quanto o estacionamento das Frentes acarreta aumento da pressão, com ventos SE e bom tempo.

No extremo norte, sobre o Amazonas, as correntes, geralmente fracas, sofrem evolução para SW na passagem dos troughs que acarretam trovoadas, re-tornando a N com bom tempo.

As chuvas constantes estão associadas às regiões de calmaria, como descrevemos num estudo anterior sobre "Previsão do Tempo". Naturalmente, só com forte declínio térmico os ventos de S corresponderão às massas polares.

VARIAÇÃO DIURNA

Abstraindo as variações resultantes das brisas, tanto de origem litorânea como orográfica, lembraremos que o vento médio para cada hora é sempre a soma geométrica do "vento médio geral" (das 24 horas), e de uma "componente heliotrópica" que aponta para o Sol, sendo pois de E às 6 h, NE às 9 h, N às 12 h, NW às 15 h, W às 18 h, SW às 21 h, S às 24 h e SE às 3h. Deveríamos, assim, procurá-la em nossos dados, mas tal variação só é melhor notada nas regiões de planície, longe do mar e das montanhas.

Desse modo, próximo a estes elementos perturbadores, deveremos encontrar na variação diurna, sobretudo mudanças bruscas, produzidas pelas brisas.

Estas não serão registradas na orla litorânea, durante a observação de 9 horas (12 TCG), quando surgem unicamente o vento geral, ou então calmarias.

Brisas de mar — não cabe aqui recordar os elementos teóricos já expostos em capítulo anterior.

Lembraremos somente que, nas observações de 14 ou 15 horas, o vento es-

tará geralmente soprando do mar para a terra, perpendicularmente à costa. Nos dias quentes, de bom tempo, sem chuvas nem perturbações, a brisa se inicia desde 10 ou pelo menos 12 horas, e atinge maior velocidade de 14 às 16 h, durante até 18 h, quando vem a cessar, substituída por calmarias. Supondo um litoral estendido N-S, a brisa de mar começa de E, rondando para SE-S, sob a componente de Coriolis. Mas não ocorre em dias de vento forte ou de chuva.

A velocidade da brisa "de mar" é maior que a "de terra", sobretudo no Brasil, onde coincide, via de regra, com os aliseos. Quanto à penetração, diremos que atinge até 50 ou 90 km da costa. Por outro lado, a brisa sopra durante todo o ano, tendendo a se concentrar no verão, sobre o extremo sul.

Como foi explicado, o vento marítimo causa declínio da temperatura e aumento da umidade.

Brisa de terra — durante a noite, correntes em direção oposta têm lugar, porém sempre mais fracas, soprando para o oceano, onde pouco penetram, cerca de 3 km.

Na costa leste elas provêm de W, tornando-se no decorrer da madrugada NW-N.

No Brasil a brisa de terra principia à meia-noite, soprando até 8 horas da manhã.

Brisa de vale — trata-se de um vento que sopra durante o dia, subindo pelos vales desde 10 horas da manhã até 19 horas, quando é substituído por calmarias. Causadas pelo aquecimento, tais correntes são mais comuns no verão, ocorrendo geralmente com bom tempo, sendo notadas, portanto, nas observações de 14 ou 15 horas. Já às 21 horas um vento oposto, a brisa de

montanha, se estabelece, descendo o vale.

Fenômeno de resfriamento torna-se mais comum no inverno, igualmente com bom tempo, sendo mais intenso ao longo dos vales estreitos. Dura geralmente até 9 horas da manhã.

VENTOS GERAIS DE MONTANHA

Apenas alguns exemplos de föhn, e pouco característicos, podem surgir no Brasil, mas a inexistência de quaisquer estudos a respeito nos leva a não aprofundar este capítulo.

VENTOS AS 9 HORAS (12 TCG)

Janeiro — a comparação das médias desta hora com a média geral mostra uma identidade quase absoluta, pois, como vimos, não ocorrem então fatores locais de perturbação.

Os valores da pressão, praticamente no máximo, indicam também formações pouco diversas da carta média.

As correntes sopram assim de ESE a E, a leste de 45°W e entre 2° e 10°S, o alíseo penetrando até o Ceará e Piauí, mas atingindo apenas o sueste do Maranhão.

A dorsal surge a 12°S, os ventos de retorno soprando de NE desde Salvador até o Estado do Rio, mas outros de NE, dirigidos para a Baixa de Minas, aparecem neste Estado e no vale do São Francisco, desde 10°S.

Do Piauí e Goiás para oeste estende-se a faixa com mais de 60% de calmas, que atinge os Andes. Mesmo assim, um trough, com rigor nas correntes de SE para NE, e de NE para N, corta o interior do Maranhão e Goiás, desde São Luís até o Planalto Central.

A oeste desta linha penetra, a princípio, o alíseo NE dos Açores, que varre

o vale do Amazonas, mas logo se detém na zona de calmas do Brasil central. Desta partem, contudo, correntes de N, que atravessam Goiás e sobretudo Mato Grosso, em direção à Baixa do Chaco, já com maior velocidade; a última se reduz para sul na própria Depressão, fonte de massas Tc.

No Amazonas ocidental o fraco anticiclone acarreta ventos de NW (a oeste) e SE (a leste), formando descontinuidade com os de NE dos Açores, estendidos no trough a 65°W

Além do trópico, nota-se uma Frente litorânea em São Paulo, onde ventos S-SE da dorsal oceânica se opõem aos de NE no Estado do Rio e interior paulista. Sobre o Paraná e Santa Catarina sopra NE, com giro para E no Rio Grande do Sul.

As calmarias dominam então todo o Piauí, norte de Goiás e Mato Grosso, Acre e oeste do Amazonas.

Abril — os ventos médios de 9 horas em quase nada diferem, quanto à direção, da média geral diurna.

Temos assim ESE a SE no litoral leste até 17°S, avançando pelo interior e costa equatorial, com limite a 43°W no Piauí, onde aliás domina uma faixa com mais de 60% de calmas. A velocidade do alíseo diminui portanto na Borborema.

A sul de 17°S sopra NE na costa da Bahia e Espírito Santo, mas ENE no Estado do Rio; este se opõe, num trough sobre a Serra do Mar, a ventos S provenientes da dorsal na costa sueste. Correntes S a SW dominam o litoral de Santa Catarina, girando em torno do reduzido anticiclone continental aí sediado, e que dá lugar a ventos NE na parte ocidental daquele Estado e do Paraná.

No vale do São Francisco e em Minas ou Goiás sopra NE para a Depressão no último Estado.

Sobre o Pará e Amazonas setentrional, ventos NE do alíseo dominam a costa e a margem esquerda do Amazonas; mas tornam-se indistintos a 5°S, na extensa Baixa continental que ocupa o sul do Pará e Rondônia. Nesta são registrados mais de 60% de calmas, para a mesma se dirigindo correntes SE da Alta, então localizada no Paraguai.

Sobre o Rio Grande do Sul sopra também SE, vento igualmente registrado no Acre, dado o anticiclone aí existente.

Nessas condições a FIT parece penetrar por São Luís (48°W), atravessando a região do Rio Negro e Colômbia (65°W), mas tornando-se indistinta no Brasil central, sob calmarias. Estas se estendem de 5° a 15°S em toda a faixa a oeste de 40°W, ou seja Piauí, Norte de Goiás, sul do Pará e Amazonas, Acre e norte de Mato Grosso.

Julho — 9 h — prossegue a semelhança entre as direções do vento médio e a média diurna.

O alíseo, agora de SSE-SE, se estende desde 20°S, na costa leste até o Amapá, embora a direção SE só seja conservada até o Piauí. Do Maranhão ao Amapá o vento SE oceânico se desvia para a terra como NE, formando descontinuidade naquele Estado e Pará, com a corrente ESE que domina o interior. Com o grande avanço do centro de ação para oeste, atingindo até uma divisa estendida NE-SW, do Piauí ao norte de Mato Grosso, pode-se dizer que o alíseo varre então quase todo o Brasil.

Direções de SE-E atingem, assim, até Goiás, apenas desviadas como E-ENE, no vale do São Francisco e Minas, para o trough aí existente, e onde se opõem às de S.

No sul do País o anticiclone interior provoca correntes SW a SE no litoral, mas de NE mais a oeste, enquanto no Rio Grande do Sul persiste SE. São ainda de SE os ventos dominantes em Mato Grosso, soprando para a Baixa agora em Rondônia; aí se opõem aos de NE, do alíseo meridional desviado, a descontinuidade ocorrendo ao longo do rio Amazonas.

As calmarias se restringem agora ao sul do Piauí, noroeste de Mato Grosso e sudoeste amazônico.

Outubro — 9 hs — é grande, como sempre, a semelhança com o vento médio diurno.

O alíseo, sob direção de ESE, e que se torna mais a sul de E, domina do Piauí até o sul da Bahia, soprando de ESE no Ceará e demais Estados do Nordeste, mas se enfraquecendo no Maranhão. As direções rondam para NE no vale do São Francisco e Minas, sob a Depressão deste último Estado. É também NE, a sul de 17°S na Bahia e Espírito Santo, a direção média que se torna ESE-ENE no Estado do Rio.

No extremo sul, com o recuo para o oceano, sob freqüentes entradas polares, da dorsal até então situada no interior, temos ventos SSE na costa de São Paulo e Paraná, mas ENE no interior. Forma-se desse modo um trough em São Paulo, separando direções SE das correntes NE de Minas. Prosseguem, enquanto isso, no Rio Grande do Sul os ventos ESE.

Em Mato Grosso ainda persiste uma bolha de Alta, entre as Baixas de Rondônia e do Chaco, que resulta em correntes SE do trópico até 15°S, mas de NE no Paraguai.

O alíseo SE ainda domina até o hemisfério Norte, mas desvia-se para a costa como NE, assim alcançando a margem esquerda do Amazonas e o norte de Goiás, onde mergulha em calmarias.

A oeste a circulação de Baixa produz correntes de SW no Acre, S no Amazonas ocidental e ENE-NE sobre o norte de Mato Grosso e sul do Pará.

As calmarias dominam o Amazonas oeste, Mato Grosso e Goiás.

ROSAS DO VENTO ÀS 9 h.

Para futura comparação com os histogramas da velocidade, descreveremos a seguir as frequências das várias direções às 9 hs:

Inverno — junho — julho — agosto — Salvador apresenta SE (28%) — E (15%) — SW (8%) — S (7%) e raros ventos de outras direções, com 31% de calmas.

Cuiabá tem S (16%) e N (12%), mas 66% de calmarias.

Uberaba experimenta N (19%) — NE (18%) — SE (12%) — E (10%) — S (6%) e 23% de calmas.

No Rio de Janeiro temos N (52%) — NW (18%) e menos de 5% para as demais direções, com 14% de calmas.

Em Curitiba — E (10%) — SW (10%), e menos de 4% nos outros rumos, pois há 65% de calmas.

Alegrete — N (21%) — E (12%) — W (10%) — NW (4%) e 34% de calmarias.

Verão — (dezembro — janeiro — fevereiro) :

Salvador — E (20%) — NE (16%) e 22% de calmas — SE (12%) — N (10%) — NW (8%) — S (3%)

Cuiabá — N (61%) — NW (10%) e 22% de calmarias.

Uberaba — N (17%) — SE (12%) — NE (13%) — NW (12%) — S (3%) — W (3%) e 32% de calmas.

Rio de Janeiro — N (45%) — S (10%) — SE (3%) e 25% de calmas.

Curitiba — E (20%) — NW (13%) — SE (10%) — W (10%) — SW (8%) — NE (8%) e 22% de calmas.

Alegrete — E (40%) — SE (10%) — W (8%) — N (8%) — NE (8%) — NW (2%) — calmas 22%.

VENTOS ÀS 15 HORAS

No litoral as brisas de mar tendem a produzir médias normais à costa, enquanto mais para o interior o agravamento das Depressões de aquecimento provoca desvio nas correntes gerais.

Janeiro — Comparando as direções de 15 e 9 hs, notam-se componentes NE-N no litoral, do Maranhão ao Pará, e outras exclusivamente NE na margem esquerda do Amazonas; estas sopram até 5°S, e desde 5°N, em obediência ao gradiente da Alta situada no Território de Rio Branco.

Tais ventos se opõem aos de S provenientes da Alta no sudoeste amazônico, e que produz componentes NW no Acre, soprando para a Baixa de Rondônia e do Chaco. Esta última acarreta componentes N em Mato Grosso, as quais se tornam mais a sul de NW, dado a extensão sobre o vale do Paraná, da Baixa de Minas (vento heliotrópico de NW às 15 hs.)

Tais direções de NW prosseguem até o oeste do Paraná e Santa Catarina, vindo se opor às de ENE que ocorrem no litoral, sob o gradiente da Alta oceânica, a sueste.

O centro do Atlântico, mais recuado para o mar nesta hora, produz alísios geralmente normais ao litoral, ou seja de ESE a E; sopram eles contudo de NE no Espírito Santo e SE em São Paulo.

Tais correntes, com direções de SE-ESE no interior, assim se conservam até o Piauí, mas giram mais a sul para NE sobre Goiás, Vale do São Francisco e Minas.

Em comparação às 9 hs, torna-se mais notável o giro, para NW, dos ventos no interior de Mato Grosso, bem como a tendência à perpendicularidade na costa.

As calmarias também se restringem bastante, ficando limitadas ao norte de Goiás, Rondônia e leste do Acre.

Isto se deve, como sabemos, à forte convecção, o intercâmbio com o ar mais veloz das camadas superiores, acarretando maior velocidade no solo.

Abril 15 hs. — os ventos, perpendiculares ao litoral, são de SE desde 5°S até 15°, e E-ESE daí até o trópico (nesta última zona eram de NE às 9 h).

Com direção de ESE, os alíseos atingem até o Maranhão, mas em Goiás e oeste de Minas, tornam-se de NE.

No Amazonas, a leste de 65°W e a norte do equador sopram correntes de NE, desde São Luiz até a zona de calmas, agora mais restrita que às 9 h, e ocupando o sul do Pará, Rondônia e leste do Acre.

Tais direções NE não ultrapassam, porém, o paralelo 10°, pois a sul da faixa de calmas, a 15°S em Mato Grosso, sopram ventos S-SE da dorsal de Alta. Esta, muito embora a queda geral das pressões, não é destruída às 15 hs, formando-se assim uma trough a 55°W, onde os ventos S de Mato Grosso se opõem aos de E-NE em Goiás.

A oeste de 65°W sopram correntes S-SSE no Amazonas, porém de NE no Acre ocidental, dada a Alta aí formada. No sul do País temos ESE-SE na costa

(brisa do mar) e NW no interior (vento heliotrópico).

Julho — 15 hs — na zona a norte do trópico, dominada pelo centro de ação, o alíseo SE se apresenta bem caracterizado, parecendo se estender, pelo efeito da brisa, até o Estado do Rio.

Não há, assim, diferença acentuada com a carta de 9 h, os alíseos atingindo até 65°W.

No Amazonas setentrional sopra NE-ENE, contra E-SE na faixa ao sul do equador.

Já no oeste dominam ventos S-SE, em oposição aos de NE já citados.

Em Mato Grosso quase não há rotação dos ventos, geralmente de NE, no retorno da dorsal.

Mas no sul do País, além das brisas de SE a E, acentuadas mesmo no inverno, nota-se uma nítida rotação dos ventos interiores para N.

Por comparação à carta de 9 hs, além de acentuada redução na área de calmas limitada a trechos do Acre e oeste de Mato Grosso, diremos que somente no interior sul o vento N logra se firmar.

Da mesma forma, as correntes NE tendem a N e as de N para NW, as brisas se apresentando bem nítidas.

Outubro — 15 h — em todo o litoral os ventos revelam perpendicularidade nas direções, de SE até 15°. E daí até o trópico, SE em São Paulo, NE a SE no extremo sul, e N no Pará.

No interior eles rondam para NW em Mato Grosso e N no Paraná (contra N e NE, respectivamente, às 9 hs); mas são fracas as modificações no Amazonas, salvo pela intensificação no giro

dos ventos, de NE para SSE, através do meridiano 65°W.

Como era de se esperar, a área de calmas se reduz ao Acre oriental, Rondônia e pequeno trecho sobre o norte de Goiás.

VENTOS ÀS 21 HORAS

Na costa leste não se nota praticamente diferença com as resultantes médias de 15 h, soprando ESE desde 5° no Rio Grande do Norte até 15°S mas NE daí a Cabo Frio.

Na costa equatorial os ventos giram para ENE no Maranhão, mas NE no Ceará (contra ESE às 15 hs).

Tais correntes NE, que sopram ao longo do vale do Jaguaribe, para a Baixa do nordeste, ainda intensa à noite, constituem o chamado "Aracati" que forma descontinuidade, no sul do Piauí e Ceará, com os alísios de ESE do vale do São Francisco.

A oeste das serras de Ibiapaba e Dois Irmãos, e até os Andes, estende-se uma vasta zona de calmarias, sobretudo no sul do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Norte de Goiás e Mato Grosso; apresenta-se a mesma bem mais extensa que às 15 hs.

Os ventos, de NE na margem esquerda do Amazonas, giram a N e NE na margem direita, em direção à Baixa de Rondônia (eram de NW às 15 hs).

Sobre Mato Grosso temos NNE-N, em direção às Baixas de Minas e do Chaco.

No sul, excetuando os ventos SE-E no litoral do Estado do Rio e São Paulo, dominam o interior correntes NE (contra NW às 15 hs).

O alargamento da faixa de calmarias à noite se deve à maior estabilidade do ar, que impede o intercâmbio com as camadas superiores, mais velozes.

Abril — 21 hs — não há modificação nos alísios sobre a costa leste, em relação à média das 15 hs; mas a área de calmas se estende, como era de se esperar, na zona a oeste de 40°W, entre as latitudes 0° e 15°S.

No vale do Amazonas os ventos giram para E-ENE; já em Minas a Baixa correspondente se dissolve à noite, por fusão com a de Rondônia, mais a oeste. Desse modo as correntes se tornam em Minas de E (contra NE às 15 hs).

No extremo sul temos sobre a zona interior NE a NW, mas SE no litoral, dado que o centro de ação penetra mais à noite.

Julho — 21 hs — não há modificação nos alísios da costa leste em relação ao quadro de 15 hs. Mas o Aracati, de NE, surge no Ceará.

Para o extremo oeste os ventos tendem a SE, mas a faixa de calmas se estende a oeste de 40°W, numa grande área, tal como em abril.

Já em Mato Grosso os ventos tendem para S a SE (contra E-NE à tarde), pois a dorsal se intensifica nesta hora.

No sul, contudo, os ventos rondam mais para NE à noite.

Outubro — 21 hs — além da maior extensão das calmas, nas grandes áreas a oeste de 40°W, a modificação mais sensível à noite ocorre no Ceará, cujos ventos NE (Aracati) sopram para a Baixa interior.

No sul as correntes giram a NE, sobretudo na costa, e em Mato Grosso para SE (contra NW às 15 hs).

Em todos os casos a "brisa de terra" não chega a se fazer notar nas médias. Mas no sul a "viração" é freqüente: ventos SE à tarde, NE-N à noite, NW-W pela manhã, S às 12 horas.

VELOCIDADE DO VENTO

Influência da latitude

Nas latitudes baixas, onde a força desviante de Coriolis sofre declínio, anulando-se no equador, a velocidade do vento dependerá diretamente do gradiente da pressão, crescendo com este. Com isóbaras de fraca curvatura, quando a força centrífuga pode ser desprezada, o gradiente atua sem que outra força se lhe oponha, a não ser a do atrito.

O ar segue assim a própria direção do gradiente, cedo esvasiando (ou enchendo) os sistemas isobáricos de alta (ou baixa) pressão, e impedindo, por isso mesmo, a formação de centros acentuados ou velocidades intensas.

Desse modo, na faixa equatorial as velocidades médias do vento permanecem reduzidas, predominando calmarias, sobretudo na zona da FIT.

Contudo, mesmo em baixas latitudes, velocidades acentuadas poderão ocorrer não junto ao equador mas acima de 5°S ou N, por ocasião dos "ciclones tropicais". Estes, porém, jamais afetam o Atlântico sul, deixando por isso mesmo de interessar ao nosso estudo.

Em latitudes mais elevadas, o gradiente da pressão pode atingir valores intensos, dado que se equilibra com a força desviante, o vetor-velocidade apontando assim perpendicularmente ao gradiente, ou quase tangente às isóbaras.

Tal fato permitirá manter os sistemas de pressão, sobretudo no oceano, onde, em razão do menor atrito, o vento sopra com maior ângulo em relação ao gradiente. A velocidade dos ventos cresce pois com a latitude. Em terra, dado o menor atrito, aquele ângulo se reduz, apressando o esvasiamento dos sistemas isobáricos, sempre menos intensos.

Note-se, de passagem, que para um mesmo gradiente G , a velocidade V vai se reduzindo com a latitude φ , afim de manter constante a força desviante $2w$ sem φ $V = G$.

Por outro lado, o mesmo gradiente produzirá velocidades maiores nos anticlones, onde se soma à força centrífuga para equilibrar a desviante.

Nos ciclones esta última é menor, como diferença entre o gradiente e a força centrífuga. Para idênticos valores de latitude φ , e gradiente G , será assim menor a velocidade do vento nos ciclones.

Influência da superfície

O maior atrito nos continentes, de muito reduz a velocidade dos ventos em relação aos mares. Com efeito, atuando em direção oposta à do vento, a força de atrito, reforçada em terra, acarreta uma redução no vetor de Coriolis, para manter invariável a resultante oposta ao gradiente. Isto significa menor velocidade do vento nos continentes, e ainda menor nas cidades, sob o intenso atrito, ou nas florestas, pelo mesmo motivo. A taxa de calmas cresce até 20% nas extensas regiões florestadas, o que explica o índice de quase 80% de vento nulo no Brasil Central e Amazonas.

Obstáculos como vales estreitos, salvo onde canalizam as correntes, resultam em menor velocidade que nas planícies.

Influência da altitude

Sendo o atrito maior junto ao solo e se reduzindo ao ar livre, as estações de montanhas apresentam velocidades do vento bem superiores às de baixa altitude, as direções se aproximando sensivelmente das isóbaras.

VELOCIDADE ANUAL

Uma comparação das cartas 156 e 208 do Atlas Climatológico (Vol. I) mostra que realmente a velocidade se apresen-

ta máxima no oceano, decaindo em terra, pois as isotachs são paralelas ao litoral e também às isóbaras no mar.

Na costa leste — o gradiente se mantém com 1 mb/70 km até cerca de 500 km para o interior; mas o maior atrito em terra logo acarreta uma queda nas velocidades, de 3-4 m. p. s. no oceano, para 2 m. p. s. a 100 km de distância, e 1 m. p. s. a 200-300 km da costa.

No próprio Atlântico, entre Fernando de Noronha e o Cabo de S. Roque, as médias atingem 5 a 6 m.p.s.

Isto significa que a ação refrescante do alísios só será sentida próximo ao litoral, já a 200 km do mesmo começando o domínio das calmas, embora ainda sob gradiente de 1 mb/100 km.

Na costa sueste — o gradiente da pressão é mais intenso, pelo menos na orla litorânea, com cerca de 1 mb/30 km, mas devido à maior latitude, a velocidade resultante permanece análoga à da costa leste, com 4 m.p.s., declinando rapidamente a 3-2 e 1 m.p.s. numa distância de 100 km para o interior, sobre a encosta da Serra do Mar.

No Estado do Rio a velocidade litorânea é de apenas 3 m.p.s.

Na costa norte o gradiente é mais fraco, 1 mb/100 km, o que resulta em menor velocidade, 3 m.p.s. do Amapá até o Rio Grande do Norte. Tais valores, sob o atrito continental logo declinam a 1 m.p.s. a 100 km terra a dentro, no trecho que vai de Belém ao Ceará ocidental.

No interior, a margem esquerda do Amazonas, incluindo o T. Rio Branco, Amapá e Norte do Pará, tem velocidades pouco maiores, de 1 a 2 m.p.s., mas a sul de 4°S se estende a área de velocidade inferior a 1, na margem direita do Amazonas, Rondônia, Acre,

Norte de Mato Grosso e Goiás, bem como interior do Maranhão e Piauí. Trata-se de extensa faixa sob gradiente quase nulo, com apenas fraca formação de Alta em Goiás, cercada pelas Baixas do nordeste e Rondônia, também atenuadas. É, por outro lado, muito grande a área florestada, o que contribui para as menores velocidades encontradas.

Sobre o nordeste os ventos são bem mais intensos. Correspondendo ao gradiente de 1 mb/50 km reinante no Rio Grande do Norte, Ceará e interior de Pernambuco, em direção à Baixa de aquecimento, temos rápido aumento da velocidade: 1 m.p.s. no leste da Borborema até 4 m.p.s. na encosta oeste, em núcleo que cobre parte da Paraíba e Pernambuco. A partir daí os ventos se atenuam para 3 m.p.s. no sertão pernambucano, e 2 m.p.s. na curva do São Francisco. Igualmente 3-2-1 m.p.s. no Ceará, declinando de leste para oeste.

No Rio Grande do Norte, a extensa planície salineira tem igualmente altas velocidades, de 4 m.p.s. na costa a 3 m.p.s. no interior, à distância de 150 km.

A forma das isolinhas mostra o declínio das velocidades de NE para SW, o que se deverá atribuir ao forte vento noturno, o Aracati, provocado pela intensa Baixa de aquecimento à tarde e à noite. Por outro lado, a passagem do aliseo SE, da terra para o mar em Macau, aí acarreta maior velocidade.

Devemos acrescentar que a forte curvatura da dorsal de Alta nesta região, sobre latitude já de 6°S, faz com que a força centrífuga se some ao gradiente, resultando em maior velocidade do vento.

Na zona oeste de Bahia e Minas nota-se aumento dos valores até 2 m.p.s., em

ventos que sopram para a Baixa de Minas, com direção de NE. Mas no centro e leste daquela Depressão as velocidades caem para 1 m.p.s., excetuando-se pequenos trechos mais elevados, com 2 m.p.s., ao longo da Mantiqueira e na serra dos Cristais. Tal situação se mantém sobre S. Paulo e leste do Paraná, vastas regiões entre 1-2 m.p.s. sendo ocupadas por Altas de origem hidrostática.

A Baixa do Chaco acarreta gradientes mais fortes na fronteira com a Argentina e Paraguai, que se traduzem em velocidades 2 m.p.s. no sul de Mato Grosso e oeste do Paraná; atingem as mesmas 3-4 m.p.s. a oeste do Rio Grande do Sul, e 4-3 m.p.s. no sueste, sobre a lagoa Mirim e adjacências. Trata-se, no extremo sul, de regiões sob gradiente forte, de 1 mb/50 km.

De qualquer modo, a intensa curvatura da dorsal de Alta na zona de Uruguaiana implica, como já dissemos, em um reforço do gradiente para fins de equilíbrio. Com a força desviante, daí se originando maior velocidade do vento. Já no setor de Bagé a acentuada curvatura do trough provoca efeito contrário, com redução da força desviante, logo das velocidades, para somente 2 m.p.s.

Efeito idêntico, de decréscimo no trough para 1 m.p.s., ocorre sobre o Iguçu, a oeste de Santa Catarina. Tal Estado tem, aliás, velocidades médias fracas, por submetido a reduzidos gradientes, entre Altas idênticas.

Já o efeito oposto, de maior curvatura anticiclônica, explica a notável velocidade no sul de Mato Grosso, ao longo das correntes que apontam para a Baixa de Rondônia.

Na costa leste as zonas de nítida penetração das dorsais trazem maior veloci-

dade dos ventos; e as de recuo, ou troughs, menor velocidade. Mas não é somente o efeito de curvatura, senão também o do próprio gradiente, que permitem explicar tais circunstâncias.

Não se pode dizer assim que existe no Brasil um aumento da velocidade com a latitude, pois o núcleo de 4 m.p.s. no interior do Rio Grande do Sul é até inferior ao do nordeste. Já no litoral temos 4 m.p.s. tanto no sul como no norte.

O vento é, assim, um fenômeno sobretudo "marítimo" e a calmaria principalmente "continental". A comparação com a carta 247 (do 2.º volume), permite identificar velocidades acima de 2 m.p.s. com menos de 20% de calmas, e abaixo de 1 m.p.s. com mais de 60% de calmarias.

CARTAS MENSAIS

Janeiro — não há quase diferença sensível entre a carta deste mês e a anual, já analisada, ambas com os mesmos núcleos de maior e menor velocidade, e em posições semelhantes.

Assim, na costa leste, a velocidade é idêntica à anual, 3 m.p.s., mas o declínio menor para o interior, não alcançando 1 m.p.s. A velocidade também maior no nordeste que na média anual, menos no valor que na extensão dos núcleos. Idêntica porém na costa norte, e até um pouco mais intensa no Território do Rio Branco, com 2 m.p.s. Muito ventoso o vale do Gurupi, no Maranhão.

No Brasil Central e sul do Amazonas persiste a área de velocidade inferior a 1 m.p.s., mais reduzida porém, surgindo ainda um núcleo de 2 m.p.s. no norte de Mato Grosso. Em Minas e Goiás, contudo, não há mudança sensível.

No sul igualmente pouco teremos que modificar na descrição anual, salvo quanto à velocidade, mais fraca no litoral de São Paulo e Paraná.

Tal semelhança se deve às leves modificações registradas na carta de pressões que, salvo pelos valores mais baixos, não difere muito da anual. Como sempre, persistem os efeitos de curvatura e gradiente, já citados.

As velocidades médias, abaixo de 1 m.p.s., traduzem taxa superior a 40% de calmas, as acima de 2 m.p.s. menos de 20%.

Fevereiro — não há maior alteração nas posições dos núcleos com relação a janeiro, os valores continuando estritamente dependentes do gradiente da pressão e demais fatores já relacionados na carta anual.

As velocidades, em comparação a janeiro, crescem um pouco na região da Lagoa Mirim e vale do São Francisco (3 m.p.s.). Declinam porém na zona salina de Macau, interior do Nordeste, e sobre a costa norte, enquanto a área de fraca velocidade, na bacia Amazônica, se estende mais, desaparecendo mesmo o núcleo ventoso do Gurupi.

Março — no Rio Grande do Sul as velocidades declinam com relação a fevereiro, o mesmo se podendo dizer da costa leste; mas a queda é pouco sensível em ambos os casos. Decrescem ainda no litoral norte e parte setentrional de Mato Grosso ou do Amazonas, crescendo pouco, contudo, no Pará e interior do Nordeste.

Permanece a extensa área de calmaria do vale Amazônico, Maranhão e Piauí.

Abril — a velocidade se reduz no centro dos Estados sulinos, crescendo porém na costa. Eleva-se também ligei-

ramente no litoral leste, nordeste e vale do São Francisco, mas declina em Minas, e mais sensivelmente no Amazonas.

Maio — as velocidades diminuem no sul, cescendo porém no interior de São Paulo. Aumentam na costa leste e norte de Mato Grosso, declinando, contudo, no vale do São Francisco, mas se conservam sem alteração sobre o Nordeste e Amazonas.

Junho — há pequena modificação no sul, mas redução da velocidade em São Paulo e Minas. Aumento no interior nordestino o vale do São Francisco, mas sem alteração nas demais zonas.

Julho — a velocidade cresce bastante no sul e vale do São Francisco, e principalmente sobre o Nordeste e zona salina. Aumenta, de igual modo, na costa norte e um pouco menos na oriental. Não há alteração no Amazonas.

Fazendo nova comparação à carta das pressões, encontramos maiores velocidades nas dorsais anticiclônicas de forte curvatura no Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Gaiás, onde, também, os gradientes são intensos; e menor velocidade nos troughs. Como sempre, valores abaixo de 1 m.p.s. traduzem mais de 60% de calmas, e acima de 2 m.p.s. menos de 20%.

Agosto — o sul permanece sob velocidades de 2 a 4 m.p.s., superiores às de julho, mas há uma redução no vale do São Francisco e Nordeste, com aumento, porém, na região salina do Rio Grande do Norte, e ao largo do cabo São Roque. Não há alteração na costa norte, mas pequeno aumento no sul do Pará.

Setembro — a velocidade cresce um pouco no sul, e sobre o oeste do Paraná, bem como na costa leste, vale do São Francisco e faixa de Minas. Aumenta sobretudo no litoral norte e

margem esquerda do Baixo Amazonas, onde atinge 4 e 2 m.p.s., respectivamente. Declina porém na margem direita.

Outubro — a velocidade cresce na costa setentrional (até 5 m.p.s.), sul do Pará (2 m.p.s.), litoral leste e interior nordestino. Declina porém no limite Bahia—Goiás.

O aumento mais sensível ocorre na costa sueste, chegando a 5 m.p.s. no Rio Grande do Sul, com maior extensão dos núcleos de 4 m.p.s. para o interior.

Novembro — há um declínio generalizado em todo o País com relação a outubro, alargando-se, assim, a área com menos de 1 m.p.s. na Amazônia.

Dezembro — nota-se alguma redução das velocidades no sul, mas surge na faixa norte de Mato Grosso o aumento característico do verão. Há declínio em Minas e vale do São Francisco, mas fraco aumento na costa leste. Decréscimo no Nordeste, zona salineira e costa norte, mas reforço na zona setentrional do Pará e Território do Rio Branco. Pouca alteração no restante da Amazônia.

GRADIENTES BARICOS

Examinando o comportamento dos gradientes, vemos que na costa leste aqueles são mais fracas em março e abril, intensificando-se de julho a setembro. Isto se reflete nas velocidades que declinam de janeiro a abril, crescendo de julho a outubro para depois se reduzirem.

Na costa norte os acentuados gradientes de janeiro declinam em março, tornando-se mínimos em julho e máximos em agosto, diminuindo a seguir até dezembro.

Ora, as velocidades não corroboram tais variações, pois vão diminuindo de janeiro a maio e crescendo de junho a agosto; tornam-se mais acentuadas em setembro, com máximo em outubro, daí declinando até dezembro. Isto indica que, por falta de dados no oceano, as cartas isobáricas estão incompletas.

Na fronteira sulina os gradientes se intensificam de abril a outubro, enquanto na Baixa de Minas, acentuados em janeiro e fevereiro, declinam em abril-maio, voltando a se agravar de agosto a outubro e em dezembro.

Ora, as velocidades crescem de janeiro a fevereiro, declinam entre abril e junho, e crescem de julho até outubro; declinam em novembro, mas aumentam em dezembro, de acordo com os gradientes.

No norte de Mato Grosso as velocidades diminuem no decorrer de março-abril e igualmente em novembro, mas as variações são fracas.

Deixamos de insistir na correlação com as calmarias, durante os vários meses, para evitar repetições.

Passaremos assim a um estudo detalhado da variação mensal.

REGIME DA VELOCIDADE

Segundo as regras dadas na parte geral, a velocidade dos ventos torna-se maior no inverno, quando é mais forte a diferença de radiação nítida entre o equador e os pólos, resultando num intenso gradiente de pressão entre os trópicos e a faixa temperada.

Com o declínio daquela diferença no verão, as calmarias predominam, reduzindo a velocidade média das correntes.

Em cartas especiais, não incluídas no Atlas Climatológico, traçamos as isocronas mensais de máximo e mínimo

da velocidade, bem como as isopleias da amplitude anual.

1) Desde logo se constata que a época do máximo é muito variável, as isocronas se distribuindo paralelamente aos litorais norte, leste, e sueste; isto traduz a influência do mar, gradualmente substituída pela do aquecimento continental.

Pelo exame das cartas, poderemos dizer que os meses mais ventosos tendem a ocorrer no fim do inverno e início da primavera, antecipando-se no interior mas se retardando para o litoral. Assim, no verão e outono praticamente não se verifica um máximo de velocidade.

Este ocorre em junho no sul do Piauí, e em julho no anel que circunda a faixa anterior, abrangendo trechos de Goiás, Ceará e Bahia, além do Piauí e Maranhão. Em junho também sobre Pirenópolis, mas em julho no Planalto Central de Goiás, ou na estreita faixa sobre o sul do Pará, que vai do Alto Tapajós ao Araguaia.

Tais zonas ficam circundadas por extensas regiões com máximo em agosto, cobrindo pequenos trechos do Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, norte da Bahia, Goiás, Mato Grosso e sudoeste do Amazonas.

A área de agosto se estende aos vales do Paraguai e Paraná, incluindo o sudoeste de São Paulo; sendo toda continental, assim como as de junho e julho, dá passagem aos quatro grandes núcleos de máximo na primavera, que iremos descrever, mas convém frisar que o mês ventoso no inverno corresponde, de um modo geral, às faixas entre 4° e 10°S , a oeste de 38°W à de 56° a 58°W , a sul de 6°S , ao vale do Paraná, e aos do Tocantins e Araguaia a sul de 6°S . Há, contudo, uma zona que atinge a costa, em Alagoas e Pernambuco, de máximo em ju-

lho. E outra faixa marítima em Fernando Noronha, com máximo em julho, cercada pela de agosto.

Os regimes de primavera, com máximo em setembro no anel circundante, e outubro no núcleo central, ocorrem:

a) sobre o noroeste de Mato Grosso, atingindo mesmo novembro em Rondônia.

b) no centro de Mato Grosso, sobre a faixa de 52° a 56°W , entre 8° e 20°S .

c) no litoral norte, estendendo-se ao Baixo Amazonas, com máximo em outubro para a região de Santarém, costa do Pará, Maranhão e Piauí, bem como trechos do Ceará e em setembro na faixa restante, ambas se estendendo W-E de 36° a 58°W , norte de 4°S .

d) Caminhando agora para leste, os máximos vão ocorrendo cada vez mais retardados com isocronas paralelas ao litoral, como dissemos.

Em setembro — numa estreita faixa quase toda interior, mas com incursões à costa, e estendida de um modo geral NE-SW, desde o Rio Grande do Norte, através da Borborema, trechos de Alagoas, Bahia, oeste de Minas Gerais, centro de São Paulo, Paraná, oeste de Santa Catarina e Rio Grande do Sul; um trecho destacado cobre o litoral de São Paulo e Estado do Rio. Mais para leste, em outubro, a faixa limítrofe à anterior ocupa regiões da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia, a maior parte de Minas e Espírito Santo, leste do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, bem como o oeste do Estado do Rio.

Por fim, já tipicamente marítimo, temos máximo em novembro sobre pequenos trechos de Santa Catarina, nordeste do Rio Grande do Sul, litoral da Bahia, limite Alagoas—Sergipe e Paraíba, bem como duas áreas em Minas.

O máximo parece ocorrer, assim, em novembro no centro de ação, antecipando-se para setembro na respectiva borda oeste. Em outubro, na dorsal sul dos Açores, antecipado para setembro e agosto mais no interior. Em junho-julho na Baixa do nordeste e sobre o trough que a liga à Depressão do Chaco, de máximo em agosto, como sucede à de Minas. Em novembro, contudo, na Baixa de Rondônia e em outubro na Alta de Goiás.

No extremo oeste do Amazonas quase não se registra variação, com máxima no verão, em janeiro-fevereiro, sobre a Alta ali existente. Parece, assim, que os gradientes são mais fortes em outubro-novembro nas Altas, oceânicas ou interiores; e em julho-agosto nas Baixas. Uma comparação à carta 323, do trimestre mais seco, mostra que o máximo na velocidade dos ventos coincide com o referido trimestre no extremo norte, e também no leste; ou no Rio Grande do Sul, já aí, de um modo geral.

Mesmo na grande área interior, onde o inverno é a época mais seca, os máximos de velocidade decorrem também de julho a agosto, salvo em certos trechos de Rondônia, Mato Grosso, Minas, São Paulo, Estado do Rio, Paraná e Santa Catarina. Eles dependem, porém, do regime de outubro-novembro, de seca e velocidade máxima no centro de ação.

2) Antes de estudarmos a época do mínimo, será conveniente lembrar que, salvo no litoral, a amplitude das velocidades é muito fraca no Brasil, cada região mantendo, no decorrer dos meses, suas características de velocidade regular ou fraca.

Assim, no litoral norte a amplitude anual é igual a 2 m.p.s., e até maior em Marajó (2,7). Declina logo para 1 m.p.s. a 200 km da costa e 0,5 m.p.s. a 300 km. É esta a amplitude

reinante na margem esquerda do Amazonas, podendo-se dizer que a sul de 2° ou 4°S, em todo o vale, a variação anual é mínima, abaixo de 0,5 m.p.s.

Devido à influência oceânica, as isolinhas se conservam paralelas à costa leste, com cerca de 1,0 do Rio Grande do Norte a Pernambuco, ou de Ilhéus ao Estado do Rio, mas 0,5 no trecho norte da Bahia. Em Alagoas a amplitude aumenta para 1,5, a curva 1,0 avançando até Petrolina.

O valor de 0,5 corta o Estado de Minas até o litoral do Estado do Rio, mas penetra fundamentalmente por São Paulo, até Goiás e Mato Grosso, retornando daí ao Paraná, até a fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

Enquanto isso, a curva 1,0 penetra em Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Abstraindo o sul de Goiás e sueste de Mato Grosso, bem como São Paulo, com valores entre 0,5 e 1,0, a amplitude permanece inferior a 0,5 na margem direita do Amazonas, e a oeste do São Francisco ou do rio Paraná, de um modo geral. Também entre 0,5 e 1,0 no Paraná—Santa Catarina e trecho oeste do Rio Grande do Sul, mas acima de 1,0 no leste.

3) Vejamos agora as épocas de menor velocidade:

O mapa correspondente apresenta uma distribuição complexa sem o paralelismo com o litoral registrado na época da máxima.

A velocidade é menor durante o verão, em novembro ou dezembro, sobre Rondônia e região central de Goiás ou nordeste de Mato Grosso, bem como no Piauí, mas em janeiro, época que é também a de mínimo no Paraguai. Tais regiões se dispõem num grande arco, estendido entre 8° e 12°S, do Amazonas ao nordeste.

Partindo daí, e através de anéis concêntricos, de mínimo nos meses de fevereiro a maio, uma variação gradual permitirá atingir o mínimo do inverno em junho, o qual se verifica em vários núcleos dispostos num arco que passa em Cáceres (Mato Grosso), Santa Rita do Araguaia, centro e litoral Sueste de São Paulo, litoral de Santa Catarina, e arredores de Porto Alegre.

Desse modo, partindo da fronteira com a Bolívia e Paraguai, de mínimo em janeiro, este último vai-se atrasando para leste em fevereiro-março (oeste do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso), abril-maio (faixa central dos Estados sulinos, oeste de São Paulo, centro e sudoeste de Mato Grosso), até junho, no trecho descrito no parágrafo anterior. Mais para leste o mínimo se antecipa novamente: abril-maio, no oceano a sueste, limite São Paulo—Minas, Triângulo Mineiro e faixa central de Mato Grosso; a seguir fevereiro-março em Mato Grosso—Goiás, até a região já citada de mínimo no verão.

Na zona leste o mínimo ocorre em abril-maio sobre Minas, Estado do Rio e Espírito Santo, embora pequenos núcleos correspondam a junho (São Tomé, Vitória, Caravelas).

Caminhando para norte, o eixo de mínimo no verão, sobre Goiás, prolonga-se com ocorrência em fevereiro-março sobre o norte de Minas, em torno de 17°S (Pirapora, Fortaleza), ou de 15°S na Bahia (Ilhéus, Belmonte). Outro eixo, de mínimo em março, segue ao longo de 11°S, desde Petrolina (mínimo em janeiro) até o sul de Sergipe. Ambos delimitam, a sul e norte, um núcleo na Bahia, sobre o vale do São Francisco, com mínimo em abril-maio, ocorrendo em junho o de Salvador.

No saliente nordeste, partindo de janeiro no Piauí, temos um atraso para

leste até fevereiro (faixa a oeste do Ceará e Pernambuco) ou março-abril-maio, agora cobrindo a foz do São Francisco, encosta leste da Borborema e o litoral da Paraíba e Rio Grande do Norte, Natal chegando mesmo a ter mínimo em junho.

Mais para leste o mínimo se antecipa até abril-março em Maceió, dezembro (Recife) e fevereiro (Fernando Noronha).

No extremo norte, partindo do arco interior de mínimo no verão, o mesmo se retarda para fevereiro-março-abril em faixas cada vez mais próximas do equador, até a ocorrência em abril-maio no litoral do Maranhão, Pará e sobre o baixo Amazonas, ou mesmo em junho no Pará setentrional e Território do Rio Branco.

A oeste, por fim, ocorre antecipação, com mínimo em janeiro-fevereiro a 66°W para toda a faixa amazônica, da Venezuela a Rondônia, e gradual recuo a novembro, depois outubro, na fronteira com o Peru e Colômbia.

Há, portanto, uma distribuição regular, mas de fraca amplitude.

As épocas do mínimo parecem corresponder, de um modo geral, ao fim das chuvas no extremo norte, e à própria época chuvosa para o centro-oeste, mas ao início do inverno sobre o sul e leste.

Comparando-se à carta 322 do trimestre mais chuvoso, vemos que excetuando o oeste Amazônico, a região a norte de 15°S tem mínimo de velocidade na época úmida, o mesmo se podendo dizer do Rio Grande do Sul.

HISTOGRAMAS DA VELOCIDADE

Somente valores das 9 hs foram classificados para as 6 estações já citadas na Pressão e Temperatura.

No inverno — a distribuição é geralmente de J invertido, a moda correspondendo a velocidade 0-1 em Cuiabá e Uberaba. Já para Curitiba e Salvador ela ocorre em 1-2, e no Rio de Janeiro em 2-3 m.p.s.

Apenas Alegrete tem distribuição normal, com moda e média entre 4-5. Para Salvador, Cuiabá e Uberaba aquela é menor que a média. A classe modal abrange 60% das frequências em Uberaba, e 40-50% nas demais estações.

Quanto à amplitude, temos valores registrados até 7 m/seg em Salvador, 4 m em Uberaba, 5 em Cuiabá, 6 para Curitiba e 8 m no Rio de Janeiro, mas 14 m em Alegrete. Foram estas as maiores velocidades encontradas às 9 h no período de 5 anos analisado.

No verão — as distribuições se aproximam mais da curva normal, com moda 2-3 em Salvador ou Curitiba, 3-4 no Rio e 4-5 em Alegrete.

Apenas Uberaba e Cuiabá têm o típico J invertido, de moda 0-1 ou 1-2, respectivamente. Esta é inferior à média para Uberaba e Curitiba. A maior velocidade registrada atingiu 4 m.p.s. em Cuiabá, 5 em Salvador, 6 sobre Curitiba, 7 para Uberaba, 9 no Rio de Janeiro e 11 em Alegrete.

VARIAÇÃO DIURNA

Nas planícies, a maior velocidade dos ventos ocorre durante o dia, com máximo de 13 às 15 h e mínimo à noite, quando predominam calmarias.

Pois, como sabemos, além de serem mais intensos durante o dia os gradientes da pressão, a convecção mistura o ar junto ao solo com o mais veloz das altas camadas, sendo por isso mesmo maior no verão a amplitude diurna da velocidade.

Já à noite a estabilidade isola o vento superior, reduzindo, assim, a velocidade na superfície.

Há, contudo, um nível de mudança do regime, situado geralmente a 70 m. Desse modo, nas montanhas a velocidade será mínima de dia e máxima à noite, excluindo os ventos locais. O motivo é o mesmo já citado, mas com resultados opostos: durante o dia, a mistura com o ar mais lento inferior reduz a velocidade nas cadeias elevadas. À noite a estabilidade impede aquele intercâmbio, conservando as correntes superiores a sua alta velocidade.

Nas montanhas, o mínimo ocorre geralmente às 14 horas no inverno e 9 horas no verão.

Sob o intenso desenvolvimento da Baixa de aquecimento à tarde, o Nordeste brasileiro apresenta velocidade menor de manhã e maior de dia, atingindo o máximo à noite (Aracati).

Claro está que nas regiões litorâneas um aumento brusco da velocidade ocorre à tarde, com o início da brisa marítima. Cessada esta última, calmarias surgem até a formação da brisa de terra geralmente fraca.

O estudo da variação diurna dos ventos permanece muito precário por falta de estatísticas detalhadas, as médias sendo extraídas globalmente para as três horas de observação.

Por isso mesmo, vamos nos limitar às informações gerais acima expostas; na exposição dos climas locais, maiores detalhes serão examinados.

VENTANIAS

As cartas 352 a 364 indicam o número mensal ou anual dos dias de ventania (ventos com força superior ao grau 8 da escala Beaufort, isto é, acima de 17 m.p.s. ou 61 km/hora).

Começando pelo mapa anual, n.º 364, constata-se maior freqüência, além de 25 dias/ano, no extremo sul de Mato Grosso e oeste de Rondônia, a mesma declinando para leste até o mínimo de 5 dias/ano.

O referido primeiro núcleo, de oeste, parece oriundo das penetrações da Frente Polar, geralmente encaminhadas pelo vale do Paraná até o limite normal dos avanços frontais, a 20ºS. Tais penetrações chegam, por vezes, ao Acre, onde ocorrem ainda 20 a 5 dias/ano; soprando geralmente de SW. Veremos depois, contudo, a verdadeira origem do fenômeno.

No centro-oeste do Rio Grande do Sul as ventanias tornam-se raras, menos de 5 dias, mas logo outro núcleo surge, proveniente do oceano. Com efeito, a repetida formação de secundárias junto à costa aí produz um núcleo de 25-30 dias, que se estende pelo Atlântico, do Rio Grande do Sul até São Paulo; trata-se de ventos intensos, geralmente soprando de SE, com um eixo de penetração pela Lagoa dos Patos, sujeita a 25 dias, contra 20 dias ao norte do Rio Grande do Sul. A costa de Santa Catarina tem 10 a 15 casos, outro eixo penetrando por Iguape, em São Paulo.

Este último Estado é fortemente afetado tanto pelas ventanias do interior, com 20 dias/ano, como pelas da costa, sob 25 a 5 dias.

Assim, no sul, só permanece relativamente imune a zona elevada, nas serras do Mar e Geral, com menos de 5 dias/ano.

Os fenômenos são, portanto, mais superficiais do que poderia parecer, raramente afetando os níveis acima de 1000 m.

O núcleo marítimo se estende ao litoral sul do Estado do Rio, onde ocor-

rem 15 casos/ano, declinando para 5 a 30 km da costa.

Em Minas são justamente as zonas mais elevadas, e sob freqüentes trovoadas, que formam núcleos de 15 dias/ano, declinando a 5 em menores altitudes.

Por fim, extensa faixa, com raras ventanias (menos de 5 dias) se estende numa largura de 300-400 km ao norte dos dois núcleos, continental e oceânico, acima descritos. Cobre a mesma o sul do Amazonas, a região leste de Rondônia, o centro sul de Mato Grosso, e o norte ou sueste de Minas, até Macaé no Estado do Rio. Outra zona, com 50 a 200 km de largo e sentido N-S, já foi citada sobre a Serra do Mar, no leste do Paraná e Santa Catarina, como também isenta de ventanias.

O número destas vai crescendo, porém, para os dois núcleos continentais, com máximo de 15 dias, sediados na margem esquerda do Amazonas, e no Brasil Central, ou sul do Pará. Entre ambos existe um trough com 5 dias somente, no vale do Trombetas.

Outro trough, com menos de 5 dias, sobre o Planalto Central, vale do São Francisco e interior do Nordeste, separa aqueles núcleos dos outros também continentais, situados sobre a Borborema (20 dias, cobrindo o interior de Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco); e na chapada Diamantina, 20 dias, emitindo um centro de 15 sobre o leste de Minas.

Ocorre, desse modo, declínio para apenas 5 dias no litoral, entre Salvador e Vitória, indicando que os freqüentes troughs aí formados não causam ventanias. Estas se intensificam, porém, no Atlântico, ao largo da costa nordeste (ou norte), com núcleos de 25 dias, declinando a 15 em Recife, 10 sobre Camocim, e apenas 5 na costa do Maranhão.

Para explicar a formação e localização de tais centros convém examinar as cartas de "Variação da pressão", atendendo a que as ventanias correspondem, geralmente, a quedas violentas do barômetro. Estas últimas foram descritas anteriormente, mas como não existem mapas anuais, apenas para os quatro meses centrais, a comparação será um tanto precária.

Confirma-se, desse modo, a origem polar dos centros no Sul, bem como dos provenientes das perturbações na FIT, ondas de leste ou trovoadas continentais, constituindo os núcleos de norte. Inclusive as áreas de menor "variação da pressão" tornam-se, também, as de mais reduzida frequência de ventanias. (Ver às folhas 286-289 e 337-340 do 3.º Volume).

Contudo, nova comparação ao mapa 325 (dias de trovoadas/ano) permitirá melhor compreensão do fenômeno.

Desde logo se constata que, realmente, os núcleos ventosos do sul não provêm das trovoadas "locais", mas dos avanços frontais ou aprofundamento de ciclones, ainda porque onde há mais ventanias há menos trovoadas. O mesmo se verifica no litoral do saliente nordeste, com zero de trovoadas.

Contudo, são oriundas de trovoadas (150/ano) as ventanias do Brasil Central (15/ano), na região norte de Mato Grosso e sul do Pará.

O melhor traçado na carta anual seria isolar o núcleo do Acre, pois as respectivas ventanias (25) são de trovoadas (180) e não frontais, como poderia parecer.

Já o núcleo de 180 trovoadas do Purus não acarreta ventanias, estas ocorrendo, porém, no de 120, sobre o norte do Amazonas.

Por fim, estão associadas às trovoadas litorâneas do Piauí e Ceará (60) as ventanias (10) aí registradas, não se devendo exclusivamente atribuí-las à FIT. Também oriundos das 30 trovoadas na Bahia e leste de Minas, ou das 60 na Mantiqueira, os núcleos com 15 dias de ventania em tais regiões, inclusive o sul de Minas. O litoral do Espírito Santo e Bahia, isento de trovoadas, também não tem ventanias.

VARIAÇÃO MENSAL

Janeiro — a carta 352 apresenta núcleos em posição idêntica à do Ano, embora com menores valores: 3 ventanias no vale do Paraná, costa sueste, e zona nordeste do Rio Grande do Sul, ou limite com o Uruguai.

Apenas 2, contudo, no sul de Minas, leste da Bahia, Maranhão ou Goiás norte, ainda 3 na Borborema e Acre. Não ocorrem ventanias na costa oriental.

Além da natural identificação dos núcleos de sul, às variações da pressão (carta 286), a carta 313 de trovoadas justifica as ventanias do Amazonas oeste, Acre, Pará norte, Brasil Central, e litoral do Piauí, bem como as do sul de Minas e leste da Bahia.

A zona do Purus tem trovoadas, mas raras ventanias. Em geral cada 15 a 18 trovoadas dão 2 dias de vento forte. No sul há muitas ventanias na serra do Mar, sem ventanias, enquanto o núcleo de 15 do Paraná acarreta 3 ventanias.

Fevereiro — o fenômeno se torna mais raro, por se tratar de um mês estável.

Limitados a 2-3, existem núcleos no leste do Rio Grande do Sul, com zero em Pelotas. Persiste o centro oceânico de 3, atingindo agora com 2 o Estado do Rio. Mas desaparece o do vale do Paraná, enquanto se atenua para 2 o

do sul de Minas. Assim, vasta área cobre o Paraná, sul de Mato Grosso e Santa Catarina. Os núcleos do leste se enfraquecem a 2 e o do Brasil Central, embora com 3, torna-se menos extenso.

Março — no sul há, novamente, maior frequência do fenômeno, penetrando pela fronteira e pelo litoral dois núcleos com, respectivamente, 2 e 3 ventanias.

Conserva-se o centro de leste, na Bahia, e aparece o do litoral pernambucano com 2, devido às “ondas de leste” que principiam.

No Amazonas não há grande variação, mas persiste a identificação com as trovoadas em todo o Brasil Central.

Abril — neste mês ocorre uma modificação sensível, pois o Rio Grande do Sul está quase isento de ventanias, freqüentes, contudo, na costa sueste (núcleos de 2-3, caindo a 0 na vertente da Serra do Mar).

Há, também, maior frequência, já de 2, no vale do Paraná, mantendo-se o índice 2 em Rondônia. Pernambuco experimenta 1 ventania, e em Minas praticamente o fenômeno não ocorre, mas sim no interior da Bahia, com 2 casos, número que é também o do Brasil Central. Outra faixa de 2 se situa na margem esquerda do Amazonas.

A carta de variação da pressão (n.º 287) explica os núcleos de ventania mas e de trovoadas tem bastante semelhança com os mesmos no vale do Paraná, Amazonas norte e Brasil Central, bem como sobre o litoral do Piauí e leste da Bahia.

Mais uma vez se constata que as trovoadas nas serras do sul são geralmente isentas de fortes ventos.

Maio — no litoral sueste há um declínio das ventanias com relação a abril,

sobre o trecho Rio Grande do Sul—Santa Catarina, mas aumento em São Paulo e parte do Estado do Rio.

No vale do Paraná notam-se, agora, até 4 ventanias, o conjunto se situando no oeste de São Paulo.

Aumenta, igualmente, para 4 a frequência em Rondônia e oeste de Mato Grosso. Tudo indica, portanto, o avanço de intensas Frentes Polares a oeste.

A atividade frontal e das ondas de leste permite 1-2 ventanias na costa oriental, com extenso núcleo sobre a Bahia. Mas só no litoral norte se conserva a faixa final da FIT, tendo desaparecido a do Brasil Central, apesar de aí ocorrerem 12 trovoadas. Estas, porém, justificam os máximos de Rondônia e vale do Paraná.

Junho — no sul e oeste do País escasseiam as ventanias, com apenas 2 no Paraná e Rondônia, e também 2 na costa sueste.

Persiste idêntica frequência no litoral leste, invadindo Minas e a região Norte.

Julho — as profundas invasões frias continentais trazem aumento na zona oeste para 3 ventanias, mas a costa sueste se mantém com 2 casos.

Há também grande acréscimo no leste, até 3 dias, inclusive cobrindo Minas; no Amazonas conserva-se o núcleo de 2, sobre a área de trovoadas. Estas, contudo, pouco influem no sul. A carta 288 do 3.º volume indica que mesmo na costa leste, as ventanias correspondem a grandes variações da pressão, de origem frontal.

Agosto — o aquecimento já iniciado permite a freqüente formação de secundárias, aumentando o número de ventanias em todo o País: 3 ocorrem no Rio Grande do Sul, vale do Paraná e

Rondônia, mantendo-se apenas 2 na costa sueste.

Reaparece o núcleo de 3 no Brasil Central, intensificando-se faixas de 3 sobre o Nordeste, interior e litoral. Como de costume, os núcleos continentais estão muito associados às trovoadas.

Há mesmo uma tradição, no Estado do Rio, de ventanias no dia de São Bartolomeu (24 de agosto).

Setembro — prossegue a agravação das ventanias, com núcleos de 4 no vale do Paraná e Rio Grande do Sul, 3 sobre a costa sueste, 4 em Rondônia.

Igualmente 4 no interior do Nordeste e 3 no litoral; o fenômeno se agrava, também, no Estado do Rio e Minas, estando no continente ligado às trovoadas.

Outubro — há um reforço na costa sueste, mas declínio no interior sul, com frequências de 4 e 3, respectivamente.

É muito extenso o núcleo de 3 no Brasil Central, conservando-se os de 3 — 4 no Nordeste. Há mais ventanias no sudoeste de Minas, mas se mantém estável o núcleo de 2 no Território do Rio Branco.

Nota-se nítida identificação no Sul e Leste, com a carta 289 de variação da pressão ou com os núcleos de trovoadas no interior equatorial.

Novembro — cai a 0 o número de ventanias no litoral do Estado do Rio, mas sobe a 3 no sueste de São Paulo. Começa a se deslocar para Pernambuco o centro de 3-4, antes sobre Alagoas, enquanto o do Brasil Central se estende até Minas, identificado com o de trovoadas.

Dezembro — excetuando a costa sueste, ocorre sensível declínio na área sul, reduzindo-se a frequência a 0 sobre o li-

toral leste. No interior equatorial há pouca variação comparativamente a novembro.

REGIME DAS VENTANIAS

Na costa sueste o declínio do fenômeno ocorre em junho-agosto (2) com máximos em setembro e outubro (4); mas de novembro a maio o número se mantém estável (3).

No Rio Grande do Sul nota-se decréscimo de abril a julho, aumentando em agosto-setembro, para nova diminuição no decorrer de outubro-novembro.

Na costa leste as ventanias começam em abril, agravando-se em agosto e setembro, e declinando em outubro-novembro, para caírem a zero de dezembro a março.

No Brasil central o declínio a 0 se produz de maio a junho, nos demais meses ocorrendo de 2 a 3 ventanias.

Na costa norte e sobre o Amazonas as variações são fracas, o mesmo ocorrendo na Bahia.

RAJADA MÁXIMA

Nas cartas 260 a 263 do 3.º volume figuram os valores, em m.p.s., da rajada máxima que poderá ser esperada, respectivamente, em 1, 20, 50 e 1000 anos. Trata-se de valores obtidos pela observação direta ou mediante extrapolação na fórmula de Brooks.

$$VN = V_{10} (0,8 + 0,2 \log N),$$

onde N é o número de anos, e V_{10} a maior rajada observada em 10 anos ao nível do anemômetro (7m), conforme deixamos descrito na pág. 55 do prefácio do 3.º volume.

Na mesma página dissemos que somente certas zonas podem ter, uma vez em 100 anos, ventos de 45 m.p.s., ou em

1000 anos, de 52 m.p.s. E que só uma vez em 100.000 anos se poderia esperar, no Brasil, um vento de 70 m.p.s. Trata-se, porém, de uma dedução estatística.

Pelo próprio método de cálculo, as quatro cartas se assemelham, embora os valores crescentes com o período.

Constata-se que fica junto à FPA, no extremo sul, a zona submetida a maiores rajadas. Estas declinam para norte sobre o Rio Grande do Sul, até um mínimo na Serra Geral, em Santa Catarina; mas ocorre novo máximo no litoral, em Florianópolis, daí crescendo até a dorsal no oeste do Paraná.

O interior de São Paulo não tem rajadas muito intensas, pois somente o litoral e o limite com Minas apresentam ventos mais fortes. A costa do Estado do Rio tem, contudo, valores elevados, sobrepujados unicamente pelos do extremo sul.

Daí prossegue o declínio para norte, até o vale do Rio Doce, com novo máximo no litoral da Bahia, em Ilhéus, o qual se estende ao interior, nas margens do São Francisco.

O próprio rio é uma zona de ventos mais fracos, o mesmo sucedendo ao litoral de Sergipe e Alagoas, e à zona entre Macau e o cabo São Roque, no Rio Grande do Norte. Mas novos máximos ocorrem na costa da Paraíba e no Ceará.

Sobre a fronteira oeste temos rajadas ainda violentas em Rondônia, declinando gradualmente para norte, até o mínimo no rio Amazonas. Aquele se estende ao norte de Mato Grosso, Goiás, Pará e Maranhão, onde as rajadas em um ano atingem menos da metade da velocidade observada no Rio Grande do Sul.

A forma das isovels mostra a atuação dos ciclones frontais tanto no respectivo trajeto pelo interior como na costa sueste, inclusive pela agravação sofrida no Estado do Rio, onde a frontogênese é intensa.

As grandes cadeias, desde Parecis e S. Maria, até Canastra e Mantiqueira, detêm a força das rajadas, o mesmo fazendo a chapada Diamantina e o Caparaó.

Finalmente, a intensificação nos troughs ou na FIT explica os ventos mais fortes do nordeste.

Quanto à calma reinante na bacia Amazônica se explica pela inexistência de formações ciclônicas.

Excusado acrescentar que ventos muito mais violentos, semelhantes a possíveis tornados (?), foram citados na história meteorológica do País: no Pará (em Vila Mosqueiro), no centro do Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.

Mas não há qualquer documentação quantitativa a respeito, oficialmente registrou-se 32,2 m em 14/1/1927, no Rio de Janeiro, e 34,0 às 20 horas, de 19-3-1930. No porto do Rio Grande ocorreu às 15 horas de 11/6/1927 uma rajada de SW, com 34,5 m.p.s.

A título de esclarecimento, para os que não dispuserem do Atlas, transcrevemos as rajadas máximas que poderão ser esperadas nos vários períodos e regiões:

	1 Ano	20 Anos	50 Anos	1000 Anos
Rio Grande do Sul	28 m/seg.	38 m/seg.	40 m/seg.	50 m/seg.
S. Catarina-costa	24	32	34	42
S. Catarina-serra	18	24	26	32
Paraná	24	32	36	44
São Paulo-costa	22	30	32	40
Estado do Rio-litoral	26	34	38	46
Mato Grosso-centro	18	22	24	30
Mato Grosso-sul	24	32	36	44
Acre	20	26	28	34
Bacia Amazônica	12	16	16	20
Bahia	24	32	34	42
Ceará	22	30	32	40
Costa-Alagoas	18	22	24	30
Costa Leste	22	30	32	40

INFLUÊNCIA FISIOLÓGICA

São mais higiênicos, pela constante renovação do ar, os locais sob forte velocidade do vento, enquanto os de elevada taxa de calmas acumulam impurezas nocivas.

Também a evaporação é aumentada pela velocidade do vento, que resseca o solo e as plantas.

Nas zonas e dias frios o vento é prejudicial, pois rouba calor à pele. Mas nos dias quentes, favorecendo a evaporação do suor, torna o calor mais suportável, estimulando o trabalho, enquanto a calmaria enerva e induz ao descanso.

Para melhor definir tal ação fisiológica, calculamos, com base na fórmula citada na pág. 18 do prefácio ao 3.º volume, o resfriamento total produzido pelo vento (valor médio mensal) em cal kg/m²/hora.

Em todos os casos, como a temperatura média é sempre inferior a 33º, a ação permanece favorável, retirando calor (acima de 33º o vento passa a aquecer o corpo, como ocorre nos desertos ou em dias quentes).

As cartas 196 a 200, para os quatro meses centrais e o ano, indicam valores muito variáveis, desde 100 cal kg no Amazonas central e nordeste (Piauí) até 550 cal kg no extremo sul.

Janeiro — o vento é menos eficaz, pouco ajudando a refrescar o corpo, nas zonas de valor mínimo, como o Território do Rio Branco, vale do Purus, fronteira do Paraguai e Piauí, Ceará, todas com 100 cal kg. Eixos de mínimo ainda ocorrem, sob 150 cal, na costa leste, litoral de São Paulo ou Estado do Rio, e Triângulo Mineiro, 200 cal se verificando no Rio Grande do Sul.

Valores mais favoráveis, de 150, surgem no oeste Amazônico, com 200 no Brasil Central e Pará, 200 igualmente na costa norte, mas sob mínimo de 150 no vale do São Francisco.

As regiões elevadas, dado a baixa temperatura, ainda têm valores mais refrescantes: 250 na Bahia, Mantiqueira, Planalto Central e Borborema ou 300 na Serra Geral, no Sul.

Assim, no verão, o vento só ajuda realmente a minorar o calor nas regiões elevadas.

Em abril — cessado o aquecimento continental, no Chaco, os ventos aí exercem grande ação refrigerante, com núcleo máximo de 350 cal, que se estende ao oeste de Paraná e Santa Catarina, atingindo 400 nas cumeadas. No Rio Grande do Sul ocorre declínio para 300, ao longo do rio Uruguai, mas aumento a 400 na fronteira sul.

Sobre a costa sueste temos 250 para o Rio Grande do Sul e 200 em São Paulo.

Pouco há que alterar na descrição feita para o norte, com núcleos semelhantes, embora pouco mais intensos, nas serras da Bahia (300) ou de Minas (300).

O Brasil Central tem 150 e o Nordeste 100, estendendo-se o trough a 150 no São Francisco.

Julho — sob o rigor do inverno, a distribuição no Sul se assemelha à de abril, mas com valores intensos, de 550 na Lagoa Mirim, e 500 na Serra Geral, havendo um trough de 450 no centro do Rio Grande do Sul e de 350 na costa. A ilha de Santa Catarina sofre forte ação dos ventos, com 500 cal.

Os índices declinam para norte, até um mínimo de 100 no vale do Madeira,

donde um trough derivado acarreta 200 no centro de Mato Grosso.

Há, contudo, forte refrigeração pelos aliseos no Brasil Central, em núcleo de 300 que alcança o Pará.

Mas sobre o Nordeste a atuação é fraca, de 150 no Piauí, um trough se estendendo ao vale do São Francisco, com 200-250.

A costa leste tem igualmente valores baixos, de 250.

A maior intensidade ocorre assim sobre as serras de Minas, com 350, e da Bahia ou Borborema, sob 300.

Em todos os casos constata-se que o efeito dos ventos no interior é mais favorável que no litoral.

Outubro — O aquecimento traz declínio, com 400 em média no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e redução para a costa até 250 e em Mato Grosso a 150.

Temos novamente 100 no Amazonas e Nordeste (Piauí) mas 200 em Goiás. O vale do São Francisco apresenta 150,

as serras da Bahia e Nordeste 250, as de Minas 300. Mas um núcleo de 300 surge no Espírito Santo.

Ano — Podemos constatar na carta n.º 200 que o vento atua mais eficazmente no extremo sul do Rio Grande do Sul (450) e oeste do Paraná ou Santa Catarina (400), os valores declinando até o litoral (200) e o centro do Rio Grande do Sul (300). Caem ainda para norte até 150 em Mato Grosso e 100 no limite Pará—Amazonas.

Mas formam-se núcleos de 250 em Rondônia e Brasil central, 300 sobre Minas e Bahia, 250 na Borborema.

Os valores tornam-se mínimos no Piauí (100), vale do São Francisco (200), e, de modo geral, em todo o litoral, desde Pará até o Paraná com 200.

Damos aqui por concluído o estudo detalhado dos ventos, cuja influência se traduz ainda, mediante combinação de outros elementos, na sensação de conforto.

O exame correspondente terá de aguardar, porém, a descrição das cartas de umidade.

Para mapear corretamente a área do cerrado, no Brasil, seria necessário estabelecer a conceituação de vários tipos de vegetação, observando suas características, principalmente a composição florística e pedológica. O Prof. George Eiten, da Universidade de Brasília, cita, como exemplo, as savanas e os campos amazônicos, que em quase todos os mapas de distribuição do Brasil são incluídos na categoria de cerrado e que, no entanto, existem razões suficientes para excluí-los, em consequência do clima e dos substratos, que são diferentes. Para se definir com maior precisão quando um campo poderia ser incluído no conceito geral de cerrado, seria necessário estabelecer um critério, baseado na composição de espécies e na riqueza de espécies por hectare, bem como na profundidade do lençol freático e a consequente presença ou falta de gleização do solo, são as conclusões do autor deste artigo.

Delimitação do conceito do cerrado

GEORGE EITEN

131

Entre os vários tipos de vegetação do Brasil, quais os tipos que devam ser incluídos no conceito geral do cerrado e quais os tipos a serem excluídos? A questão envolve o conhecimento de um por um dos tipos de vegetação que ocorrem:

- 1) dentro da região principal do cerrado no Brasil Central;
- 2) nas regiões de transição entre a província do cerrado e as províncias de outras vegetações que a circunda, como caatinga, floresta amazônica, floresta atlântica e campo limpo do sul do Brasil ("pampas"); 3) encravados em outras províncias, especialmente as formações não florestais dentro da floresta amazônica. Somente quando ficar decidida a conceituação destes vários tipos de vegetação e observadas suas características, principalmente de composição florística e pedológica, seria possível mapear corretamente a área

do cerrado no Brasil. Os mapas que exibem a extensão do cerrado frequentemente não mostram toda a área realmente coberta com essa vegetação e ainda incorrem no erro de indicar, invariavelmente, como cerrado, muitas áreas na Amazônia que não o são.

Dentro da província do cerrado

Como é bem conhecido, os cursos de água, em regiões cobertas com cerrado, são orlados com matas ciliares ou com veredas (brejos com buriti). As matas podem ser constituídas somente de árvores dicotiledôneas mesofíticas, ou destas misturadas com palmeiras, ou exclusivamente de palmeiras como as de babaçu no Maranhão e as de carnaúba no sudeste do Maranhão. Em alguns lugares, ao longo dos cursos d'água, ocorrem brejos sem buriti, constituídos de *Typha* ou de *Cyperaceae*, *Gramineae*, *Juncus*, etc. Obvia-

mente, essa vegetação ciliar não é cerrado. Raramente há uma faixa de transição entre o cerrado e a vereda ou brejo; neste caso, o ponto onde o cerrado pára e o brejo começa é arbitrário.

Várias áreas nos interflúvios, com solo mais fértil, derivado de rochas alcalinas, sustentam matas mesofíticas. São sempre-verdes ou semidecíduas quando estão sobre solos profundos derivados de basalto ou gabro e, às vezes, de certas formas de gnaíse ou micaxisto, como o "Mato Grosso de Goiás" (de Anápolis e Ceres) e em vários lugares no sul de Minas. São completamente decíduas quando estão sobre solo raso de afloramentos de calcário, estes espalhados sobre todo o território do cerrado. Essas matas mesofíticas de interflúvio também, evidentemente, não são tipos de cerrado.

132

Quando o interflúvio está coberto com cerrado, este pode descer a encosta dos vales e tocar diretamente com a mata ciliar, mas em muitas regiões existe faixa de campo limpo, úmido, graminoso, de alguns metros a algumas dezenas de metros de largura, que separa o cerrado da mata. Esse campo, de solo cinzento por gleização (ou talvez por uma variedade de podsolização), contém espécies herbáceas que não são da flora do cerrado e quase nunca contém plantas lenhosas. Quase sempre os limites desta faixa de campo com o cerrado e a mata ciliar são muito nítidos.

Durante a estação chuvosa o lençol freático neste campo chega perto da superfície ou a água telúrica aflora e desce em película fina sobre a superfície do solo. Esse campo não faz parte do cerrado. Campos úmidos ocorrem também nas bordas de muitos platôs (chapadas) cobertos com cerrado no Brasil Central. Às vezes há uma faixa de transição entre o cerrado e o campo úmido de encosta de vale ou de borda

de platô, de maneira que se torna arbitrária a decisão de onde termina o cerrado. O campo úmido pode conter "murundus", isto é, montículos de terra de alguns metros de diâmetro e, geralmente, 1/2 – 2 m de altura, levantados pelas térmitas. Os topos dos montículos sustentam ervas e arbustos (em certas regiões também árvores pequenas) de espécies do cerrado, mas o campo, como um todo, não deve ser considerado cerrado porque a fase contínua, a matriz, é campo úmido. Às vezes, em campo úmido de encosta de vale, o solo escorrega, formando degraus. De maneira semelhante aos murundus, os topos dos degraus podem sustentar flora de cerrado, mas também o campo, como um todo, não é cerrado (Eiten, 1975).

Dentro da província do cerrado (que ocorre principalmente no Brasil Central) há, em certas áreas, trechos de vegetação cuja flora é preciso examinar cuidadosamente para ver se deve ou não incluí-los no conceito do cerrado.

Há, por exemplo, trechos intermediários entre o cerradão e a mata mesofítica semidecídua, especialmente em São Paulo e sul de Minas. Entretanto, há casos intermediários mais numerosos que têm a fisionomia de campos sujos e campos limpos. Por exemplo, encostas de vales e lados de platôs frequentemente têm campos secos da forma limpa ou suja. O substrato é a rocha-mãe diretamente exposta na superfície, quase sem solo (isto é, o substrato é um litossolo), ou é de cascalho denso de laterita ou quartzo, nos dois casos não permitindo o enraizamento de plantas lenhosas ou somente um arbusto ocasional. Mas a flora herbácea deste campo é composta das mesmas espécies que ocorrem na camada rasteira dos cerrados da região, cuja camada de plantas lenhosas é mais ou menos aberta e que cresce sobre solos profundos. Campos abertos deste tipo

são muito comuns nas encostas do Distrito Federal. Em muitas partes do Distrito Federal (ao sul de Plânaltina, por exemplo), os platôs foram completamente erodidos e suas encostas coalesceram, formando terreno colinoso. Nesta área o campo limpo litossólico do cerrado cobre a paisagem inteira, exceto as estreitas matas ciliares. Na fronteira entre Goiás e Bahia (Espigão Mestre) os largos interflúvios planos estão cobertos com campos limpos e sujos de cerrado sobre solo arenoso profundo. Nesta região, a raridade ou ausência de plantas lenhosas podem ser devidas à alta esterilidade do solo e não à dificuldade de enraizamento. Vastos campos sujos de cerrado, também sobre solo profundo, cobrem chapadas planas no sul de Mato Grosso (serra da Maracujá, etc.), provavelmente pela mesma razão.

Nas regiões altas ao sul de Minas, a rocha e seu solo derivado são muito variados e a vegetação natural é mistura de florestas mesofíticas, cerrados de várias fisionomias e vários tipos de campos não de cerrado, possuindo solos e flores diferentes. É necessário decidir, para cada campo, se a flora é suficientemente semelhante à da camada rasteira dos cerrados da região, para que o campo seja incluído no conceito geral do cerrado ou não. Desde que existam gradações entre cerrado e esses campos, é claro que a decisão tem que ser, às vezes, arbitrária (veja exemplos em Comissão de Solos, 1962).

Há certo tipo de campo, entretanto, que é relativamente fácil de distinguir do cerrado. É o "campo rupestre" dos planaltos das serras em Minas, sul de Goiás e sul da Bahia, onde rochas especiais, como quartzito itacolomita ou minério de ferro, formam solos muito rasos (serra do Cipó, serra do Curral, serra dos Pirineus, serra Dourada, etc.). A flora é muito endêmica, embora possa haver pequena proporção

de espécies que também cresce nos cerrados (provavelmente de ecótipos diferentes). A forma característica de crescimento da maioria dos arbustos e ervas latifoliadas dos campos rupestres é "esquarrosa", isto é, as folhas são curtas e largas, apertadas uma a outras ao longo do caule, e dispostas em quatro fileiras, de tal maneira que, olhando a ponta do ramo, o contorno da folhagem em volta de um caule parece ser um quadrado. Esse formato não ocorre no cerrado ou, no caso de alguns cerrados de maior altitude, como os de Brasília, ocorre, mas muito raramente.

É preciso distinguir esses campos rupestres com flora não de cerrado, de outros tipos de campo, também rochosos, cuja flora é do cerrado. Em vários lugares, especialmente em Goiás, blocos de rocha de vários tipos afloram da superfície do solo em áreas de cerrado. Onde o solo, entre as rochas, é suficientemente profundo, árvores podem crescer e até formar cerradões. Pode-se ver um bom exemplo disto junto do hotel de turismo em Rio Quente, Município de Caldas Novas, Goiás, que está situado na base da serra de Caldas, uma abóbada batolítica. A região em volta da serra está coberta com cerradão, sobre solo profundo derivado de arenito. O mesmo arenito e o cerradão também ocorrem no topo plano da serra. Mas, quando a abóbada foi levantada, uma camada de quartzito foi exposta nos francos da serra. No pé da encosta, o quartzito aflora em grandes blocos, de alguns centímetros até 2 m de altura, e estes blocos podem cobrir mais da metade da área do solo. Entre os blocos há árvores altas de mata ciliar e, mais longe do rio, árvores mais baixas de cerradão. Subindo a encosta, a rocha continua a aflorar, mas em blocos mais baixos. O cerrado baixa ainda mais, tornando-se uma formação de árvores baixas e depois somente de arbustos. Subindo mais a encosta, os arbustos ficam mais

baixos e esparsos, até que a vegetação é transformada em um cinto de campo limpo, somente de ervas, com alguns semi-arbustos finos e baixos, sobre substrato de pedras pequenas de quartzo. No lado de cima o campo pára ao pé de um despenhadeiro de quartzo. A razão do abaixamento das plantas lenhosas e, depois, sua escassez, à medida que se sobe a encosta, é devido à camada de solo fino entre as rochas e pedras que está ficando mais e mais rasa, não deixando espaçamento para enraizamento. O solo fino, em vez de ser o latossolo vermelho dos cerradões da região, é mais orgânico, de cor preta característica do humus presente. Mesmo assim, todas essas formações naturais da encosta são cerrados com a flora típica dessa vegetação. Quase todas as espécies encontradas nesta encosta também crescem em cerrados de solo profundo. Quase nenhuma das ervas ou arbustinhos são esgarçados. Então, embora a rocha-mãe da encosta seja quartzito (contendo pedras pequenas de quartzo), não é da variedade itacolomita e seu solo, mesmo sendo orgânico, sustenta cerrado e não campo do tipo "rupestre". Embora o substrato do cerrado em geral seja de latossolo profundo, vemos que uma pequena fração da área dessa vegetação cresce sobre solos rasos e não latossólicos. Assim, é preciso recorrer à composição florística para saber se deve ou não incluir um determinado campo litossólico no conceito geral do cerrado.

A altitudes relativamente baixas (menos de 600 m) ocorrem pequenas áreas de plataformas horizontais da rocha-mãe com camada de solo somente de alguns centímetros de espessura, ou capraças de laterita sólida sem solo ou cobertas com camada rasa de piçarra de laterita. Essas plataformas sustentam uma relva de gramíneas ou ervas latifoliadas (*Mimosa*, *Arachis*) de somente 10-15 cm de altura. Foram vistas na serra do Roncador, Mato Grosso, na

região de Paraíso do Norte de Goiás e no Maranhão e Piauí, em volta de Florianópolis. Na última região as plataformas geralmente sustentam carnaubeiras espaçadas sobre a referida relva. Pelas espécies presentes, esses campos não devem ser considerados como de cerrado.

Maranhão—Piauí, entretanto, há gradações para cerrado porque, sobre algumas das plataformas, o solo é um pouco mais espesso e alguns arbustos dos cerrados vizinhos conseguem enraizar-se na relva.

O cerrado verdadeiro pode ocorrer em várias densidades, que são naturais ou resultado de perturbação, de cerradões até campos sujos e limpos. Em uma região pequena os trechos de cerrado podem ser arranjados, mentalmente, em uma série, do mais denso ao mais aberto, e será notado que a composição florística também muda gradativamente (Goodland, 1969). Algumas espécies ocorrem sobre toda a gama de densidades, mas em proporções relativas diferentes. Outras espécies faltam nos trechos mais densos ou mais abertos.

No sul do Maranhão, entretanto, há outra forma de variação. Nesta região a forma comum do cerrado, comparável com os cerrados do Brasil Central, é cerradão (localmente chamado "chapada") e cresce sobre terreno plano de solo profundo. Em áreas pequenas de solo diferente, derivado de rochas diferentes (e que, geralmente, formam terreno ondulado ou colinoso em vez de plano), há tipos especiais de cerrado com nomes locais especiais (por exemplo, "tabuleiro" e "morraria" ao sul de Loreto). Também são formações arbóreas, situadas nos interflúvios, mas com um aspecto diferente; a composição de árvores, embora de espécies do cerrado em geral, é consideravelmente diferente da composição das "chapadas" vizinhas, pelo menos nas proporções das várias espécies. Não há gra-

dações neste caso; a vegetação é definitivamente "chapada" ou é um dos tipos locais. Mas, desde que sua flora é do cerrado, essas formações locais devem ser incluídas no sentido geral do cerrado.

Regiões de transição entre províncias de vegetação

Ao longo da borda, entre a região do cerrado e a da floresta amazônica em Mato Grosso e Goiás, geralmente é possível decidir se um trecho de vegetação é mata mesofítica ou um tipo de cerrado, embora possa haver algumas dificuldades (Soares, 1953). Na zona de transição entre o cerrado e a mata atlântica em São Paulo e no sul de Minas, a diferença entre os dois tipos também é geralmente clara (Azevedo, 1962). Entre o cerrado e a caatinga em Minas e Bahia podem haver algumas misturas, embora, geralmente, trechos das duas vegetações sejam bem distintas e, dentro de uma só região, ocorram sobre substratos diferentes (Azevedo, 1966).

Na região do Meio-Norte a situação é mais complicada. Entre o cerrado do sul do Maranhão e a mata amazônica no noroeste do Estado há zona de transição constituída de mosaico de vegetações. Cada pedaço de mosaico apresenta várias dezenas de quilômetros de largura, mas em cada caso é fácil decidir se é cerrado ou não. Um dos tipos de cerrado nesta zona de transição é savana aberta, de árvores baixas, arbustos e palmeiras acaules sobre relva curtigraminosa; as espécies são típicas do cerrado do Maranhão. Outra forma é cerradão ("chapada") com sub-bosque aberto, semelhante ao do sul do Estado. Terceira forma é de cerradão, de árvores espalhadas, sobrepondo sub-bosque extremamente denso, de 3-5 m de altura, contendo árvores baixas e arbustos ou somente taquara. Os tipos não

de cerrado, neste mosaico, são mata baixa mesofítica, semidecídua ou decídua (localmente chamada "carrasco" ou "carrasco alto") e babaçual.

No Piauí há transições de cerrado para a caatinga. No norte do Estado ocorre, para o leste e sul de Teresina, formação densa de arbustos cuja composição de espécies é mais do cerrado do que da caatinga. Para o sul e sudeste desta área voltam a reinar os cerrados baixos arbóreos mais ou menos semelhantes aos do sul do Maranhão. Somente no lado leste do norte do Piauí começa a caatinga. Ao longo de uma faixa leste-oeste no meio do Estado, de Floriano a Picos, há outro tipo de transição. É uma transição de cerrado passando gradativamente para caatinga arbustiva, cobrindo uma distância de 200 km, sem poder dizer onde um para e o outro começa. De Floriano, na direção sul-sudeste, para Canto do Buriti, há outro tipo de transição. Dentro do cerradão começam a aparecer manchas de caatinga arbustiva que se tornam mais e mais comuns e, ao mesmo tempo, o cerradão muda seu caráter, tornando-se mais e mais mesofítico e com aparência de floresta decídua. Nessas transições gradativas é arbitrário onde se considera que o cerrado pára e a caatinga começa.

Savanas e campos amazônicos

Quase todos os mapas da distribuição do cerrado no Brasil incluem as savanas e campos amazônicos sob a categoria do cerrado. Existem razões, entretanto, para excluir esta vegetação do conceito geral do cerrado. O clima e os substratos são diferentes dos do cerrado.

Há vários tipos de vegetação não florestal encravados dentro da área de mata alta, contínua, amazônica. Alguns destes tipos não têm nada a ver com cer-

rado; outros têm certas semelhanças em flora, substrato e aparência. Podem ser agrupados da seguinte maneira:

1) Platôs, de altitude mediana, de rochas especiais como quartzito (serra do Cachimbo, etc.). Estes platôs têm solos rasos (litossolos) não latossólicos e a flora dos seus campos limpos e formações arbustivas é muito diferente da do cerrado; é do tipo "campo rupestre". Há certa relação florística com os campos rupestres de Minas e Goiás e com a flora do topo mais alto e arenítico da serra da Neblina.

2) "Caatinga amazônica" ("campina", "carrasco", etc.). Esta formação é confinada ao noroeste da Amazônia, especialmente na bacia do rio Negro. É constituída de matas de altura mediana e baixa e de comunidades de arbustos, de densas a muito abertas (as comunidades abertas são freqüentemente chamadas "campinas"). Todas ocorrem sobre areia pura, branca ou, no caso das comunidades fechadas, com algum húmus na camada superior. Essa areia é o horizonte A₂ de um "podsol gigante" e forma camada de muitos metros de profundidade. É o solo mais pobre em nutrientes na América do Sul. A caatinga amazônica ocorre sobre interflúvios nunca inundados ou em terreno baixo inundado durante a parte do ano quando chove mais. O clima em geral é muito chuvoso, com 3500-4500 mm de precipitação por ano e, geralmente, nenhum mês com menos de 200 mm em média. A flora é extremamente endêmica e as espécies do cerrado faltam por completo. As folhas das espécies encontradas são pequenas e sua anatomia mostra caracteres xeromorfs, os troncos e galhos são finos e não retorcidos e a casca é fina e lisa, de maneira que a aparência é completamente diferente da do cerrado.

3) Campos de várzea do baixo Amazonas e o estuário do Oiapoque, com

gramíneas e ciperáceas altas. É claro que campos de várzea não têm nenhuma relação com o cerrado em habitat, espécies ou aparência.

4) Áreas pequenas espalhadas sobre quase toda a mata amazônica, nos interflúvios. Ocorrem sobre solos especiais, algumas com boa, outras com má drenagem. O substrato não permite a ocorrência de mata alta (Sombroek, 1966). A flora desses campos e savanas não é, em geral, do cerrado, embora possa incluir algumas espécies que também crescem em cerrados.

5) Campos sobre os interflúvios baixos e planos, entre os rios principais norte-sul, imediatamente ao oeste da região do cerrado no Brasil Central (serra Formosa, serra dos Caiabis, etc.) (Setzer, 1967). Há pouco conhecimento sobre essas áreas. Parece que o solo é profundo e latossólico, mas é preciso investigar a flora e a riqueza de espécies por unidade de área. É possível que esses campos devam ser enquadrados no conceito geral do cerrado.

6) Campos periodicamente inundados ou encharcados de Marajó, Amapá e na região de Belém, com gramíneas, ciperáceas, xiridáceas, eriocaulonáceas, etc., de porte baixo. Às vezes há, espalhadas no campo, moitas de arbustos, árvores baixas ou palmeiras. Esses campos secam na estação de menos chuva; seus solos são hidromorfos, sempre cinzento pela gleização. São orlados por mata ou por "campos firmes" nunca encharcados.

7) Campos secos (ou "firmes"), limpo ou com camada lenhosa aberta (este localmente chamado "campo coberto") ao norte da província do cerrado na parte leste da Amazônia. Há vários tipos: a) sobre solo laterítico com blocos e piçarra de laterita e, às vezes, pedras de quartzo, misturados com solo fino, como no Amapá, Monte Ale-

gre, Campos do Rio Branco em Roraima, etc.; b) sobre latossolo sem laterita; c) com solo muito arenoso, sem laterita, como os campos nunca inundados, na região de Belém e na Ilha do Marajó. Algumas áreas têm um complexo de substratos, com subáreas diferindo na profundidade e drenagem do solo, presença de camadas impermeáveis, etc., como os campos de Paru, no canto nordeste do Pará, contíguos com a savana adjacente de Sipaliwini no Suriname. Algumas espécies de árvores típicas desses campos do Amapá e do leste do Pará, como *Himatanthus articulatus*, não são típicas do cerrado, outras não são típicas dos cerrados do Brasil Central, mas ocorrem nos cerrados do Maranhão, como *Platonia insignis* e *Anacardium microcarpum*. Boa proporção são espécies comuns nos cerrados do Brasil Central como: *Hancornia speciosa*, *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia*, *Andira inermis*, *Bowdichia virgilioides*, *Salvertia convallariodora*, *Tabebuia caraiba*, etc. Então, parece que os campos do Grupo 7, pelo menos, devem ser incluídos no conceito geral do cerrado. Mas se fizéssemos isto haveria grande inconveniência. Se admitirmos esses campos como parte do cerrado, será necessário admitir também todas as savanas das Guianas, os llanos da Venezuela e Colômbia e quase todos os campos e savanas naturais de baixa altitude ao norte da América do Sul, da América Central e das Índias Ocidentais, porque também contêm, como dominantes, espécies características do cerrado. Por exemplo, nas savanas de altitude baixa na América Central e no sul do México, *Curatella americana* e *Byrsonima crassifolia* são as únicas árvores presentes, ou são codominantes com umas poucas outras espécies regionais. Não há razões objetivas de excluir essas savanas não brasileiras do conceito geral do cerrado se incluirmos os campos secos de Belém, Marajó, Amapá, Rio Branco, etc., porque todos, em conjun-

to, formam uma série floristicamente gradativa. Mas incluindo esses campos todos, é claro que o conceito do cerrado seria tão diluído que perderia seu caráter de vegetação individual, localizante, e a palavra "cerrado" tornaria-se, simplesmente, um sinônimo brasileiro de "savana". Por essa razão, seria melhor se pudéssemos achar algum critério objetivo que permitisse separar esses campos do conceito do cerrado.

Observações preliminares mostram que há uma saída: estabelecer como critério a riqueza de espécies por unidade de área. Qualquer trecho de cerrado no Brasil Central e São Paulo contém várias centenas de espécies de plantas vasculares por hectare. Por exemplo, um hectare perto de Botucatu, São Paulo (sendo investigado por Dra. Ilse Silberbauer-Gottsberger) mostrou 330 espécies e um hectare em Brasília mostrou cerca de 320 (dos quais 288 foram identificadas até espécie; Heringer, 1971). Nos cerrados contendo plantas lenhosas, isto é, todas as formas exceto campo limpo, pelo menos 30-60 espécies por hectares são de árvores ou arbustos altos. Considerando-se trechos de alguns hectares (Goodland, 1969) ou de algumas dezenas de quilômetros quadrados no mesmo tipo de habitat, a flora é ainda mais rica (Warming, 1892, 1908; Eiten, 1963), neste caso, chegando a 700-800 espécies. Por outro lado, ao norte da região contínua de cerrado do Brasil Central, os campos amazônicos que mais se assemelham ao cerrado na sua flora e aparência têm composição de espécies muito mais pobres, especialmente de espécies de árvores e arbustos altos. Em um desses campos o número de espécies de árvores e arbustos altos varia de somente 1 a aproximadamente meia dúzia por hectare e, mesmo em muitos quilômetros quadrados destes campos, não ocorrem mais de 15-20 espécies, geralmente muito menos. (Azevedo, 1967,

para Amapá; Rodrigues, 1971, para Roraima; minhas próprias observações nos campos de Vigia e de Martins Pinheiro perto de Belém e entre Salva-terra e Joanes na Ilha do Marajó).

O mesmo critério é aplicável às savanas amazônicas ao oeste do Brasil Central. Em todos os campos de Humaitá, no sudeste do Estado do Amazonas, por exemplo, não há mais de aproximadamente 20 espécies de árvores e arbustos altos e, em um hectare, somente 2-11. Destas espécies, somente *Curatella americana*, *Physocalymma scaberrimum*, *Xylopia aromatica*, *Hancornia speciosa* e *Salvertia convallariodora* são espécies do cerrado (G. Gottsberger, comunicação verbal).

Nas savanas mais longinquas do Brasil Central o número de espécies vasculares, por hectare, e na savana toda, também é pequeno e, freqüentemente, menos de metade das espécies são características do cerrado. Como nas savanas amazônicas, o número de espécies de árvores e arbustos altos é pequeno, às vezes, somente uma (*Curatella americana*, ou *Byrsonima crassifolia*, ou *B. verbascifolia*) (van Donselaar, 1965, para o norte de Suriname, e 1969, para a Guiana Francesa; Oldenburger para o sul de Suriname, comunicação verbal e Oldenburger, Norde & Riezebos, 1973; Goodland, 1966, para Guyana; Blydenstein, 1962, para Venezuela e 1967, para Colômbia; Porter, 1973, para Panamá; Breedlove, 1973 e Gómez-Pompa, 1973, para México).

Ao comparar o número de espécies, é necessário considerar que muitas dessas savanas são heterogêneas. A mesma savana pode conter áreas de solos de diferentes texturas e período de encharcamento. Assim, sua pobreza florística em comparação ao cerrado é mais notável porque está se tratando de um conjunto de associações diferentes (no sen-

tido de Braun-Blanquet) no mesmo lugar. Por exemplo, van Donselaar (1965) menciona 33 espécies de árvores para a savana de Lobin, de 100 hectares, no norte de Suriname, onde ele distingue 6 associações. Dentro de um hectare de uma dessas associações, o número de espécies de árvores seria muito menor. Nos cerrados, as contagens para um hectare foram feitas em vegetação e habitat homogêneos, onde não se pode distinguir mais de uma associação.

A razão para essa pobreza florística provavelmente não é que o substrato dessas savanas seja geologicamente jovem; alguns o são, mas não todos. As savanas de Suriname estão sobre solos, alguns dos quais derivam de rochas proterozóicas e que foram expostas por muito tempo (van Donselaar, 1965).

É provável que a razão esteja no fato de que o lençol freático ao fim da estação chuvosa atinja, pelo menos, a cerca de 2 m da superfície, em quase todos esses campos, mesmo os mais secos. Há gleização no solo superficial ou no subsolo. Aparentemente, este tipo de solo sustenta muito menor número de espécies do que o do cerrado. Exceto pequena fração de por cento, o solo do cerrado não é gleizado e o lençol freático é sempre muito profundo. Os campos da Amazônia e do norte da América Latina — que têm solos gleizados — parecem não como o cerrado mas como os campos úmidos e transições entre cerrado e campo úmido, que ocorrem nas encostas e depressões rasas no Distrito Federal e outras áreas no Brasil Central.

Assim, com mais investigação, talvez possamos estabelecer um critério, baseado na composição de espécies e na riqueza de espécies por hectare, bem como na profundidade do lençol freático e a conseqüente presença ou falta

de gleização do solo, que nos permitiria definir, com mais precisão, quando um campo na Amazônia ou fora do Brasil deva ser incluído no conceito geral do cerrado ou não. Com as informações preliminares de que dispomos, podemos concluir que, excetuando alguns

campos de solos profundos latossólicos, sobre chapadas dentro da área geral da floresta amazônica, porém perto do Brasil Central, não se deve incluir no conceito do cerrado nenhum dos campos e savanas da Amazônia ou do norte da América Tropical.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, L. G. de, Tipos de vegetação do sul de Minas e Campos da Mantiqueira. *Anais Acad. Brasil. Ci.* 34: 225-234. 1962.

—, Tipos eco-fisionômicos de vegetação do Território Federal do Amapá. *Revista Brasil. Geogr.* 29: 25-51. 1967.

BLYDENSTEIN, J. 1962. La sabana de Trachypogon del Alto Llano. *Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat.* 23: 139-206.

—, Tropical savanna vegetation of the llanos of Colombia. *Ecology* 48: 1-15. 1967.

BREEDLOVE, D. E. The phytogeography and vegetation of Chiapas (Mexico). In *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*, pág. 149-165. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-London-New York. 1973.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Comissão de Solos, Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, *Bol. 13*. Rio de Janeiro. 462 pág. 1962.

DONSELAAR, J. VAN. An ecological and phytogeographical study of northern Surinam savannas. *Wentia* 14: 1-163. 1965.

—, Observations of savana vegetation-types in the Guianas. *Vegetatio* 17: 272-312. 1969.

EITEN, G. *Habitat flora of Fazenda Campininha*. I. Em Simpósio sobre o cerrado, pág. 181-231. Editora Universidade de São Paulo. São Paulo. Reimpressão, Editora Edgard Blücher & Editora Universidade de São Paulo. São Paulo. (1971).

—, The vegetation of the Serra do Roncador. *Biotropica* 7: 112-135. 1975.

GÓMEZ-POMPA, A. Ecology of the vegetation of Vera Cruz. In: *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*, pág. 73-148. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-London-New York. 1973.

GOODLAND, R. On the savanna vegetation of Calabozo, Venezuela and Rupununi. British Guiana. *Bol. Soc. Venezolana Cienc. Nat.* 26: 341-359. 1966.

——, *An ecological study of the cerrado vegetation of south central Brazil*. Ph. D. thesis, Botany Dept., McGill University. Montreal. 1969.

HERINGER, E. P. *Propagação e sucessão de espécies arbóreas do cerrado em função do fogo, do capim, da capina e de aldrin (inseticida)*. Em III Simpósio sobre o cerrado, pág. 167-179. Editora Edgard Blücher Ltda. & Editora Universidade de São Paulo. São Paulo. 1971.

OLDENBURGER, F. H. F., NORDE, R. RIEZBOS, H. T. *Ecological Investigations on the vegetation of the Sipaliwini-Savanna area* (Southern Surinam). Utrecht Herbarium, Utrecht. 1973.

PORTER, D. M. The vegetation of Panama: a review. In: *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*, pág. 167-201. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-London-New York. 1973.

SETZER, J. Impossibilidade de uso racional do solo no Alto Xingu, Mato Grosso. *Revista Brasil. Geogr.* 29: 102-109. 1967.

SOARES, L. de C. Limites meridionais e orientais da área de ocorrência da floresta amazônica em território brasileiro. *Revista Brasil. Geogr.* 15: 3-122. 1953.

SOMBROEK, W. G. *Amazon soils, a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region*. Centre for Agricultural Publication and Documentation. Wageningen. 1966.

WARMING, E. *Lagoa Santa*. K. danske vidensk Selsk., 6. Copenhagen. 1872.

——. *Lagoa Santa*. Tradução para o português por A. Löfgren. Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte. Reimpressão, Editora Universidade de São Paulo & Livraria Itatiaia Editora Ltda., São Paulo. 1973.

The Management of Water Quality and
the Environment

Fundamentos de Economia Florestal

Bibliografia

141

LIVROS

THE MANAGEMENT OF WATER QUALITY AND THE ENVIRONMENT — vários autores — Publicação da Associação Internacional de Economia — Editado por J. Rothenberg e Ian G. Heggie — Inglaterra — 1974.

A Associação Internacional de Economia, demonstrando preocupação com a influência que a qualidade do meio-ambiente poderia ter nos setores da Economia, em todos os países, patrocinou a "Conferência sobre Urbanização e Meio-Ambiente".

Realizada na cidade de Lyngby — Dinamarca, em junho de 1972, este seminário contou com a participação dos maiores expoentes ligados à área do planejamento econômico, urbano, meio-ambiente e a outras matérias re-

lacionadas ao assunto como a Biologia e Sociologia.

Foi de tal importância esta conferência que deu ensejo à publicação de dois livros, coletâneas dos trabalhos apresentados durante o encontro.

O primeiro volume, intitulado *Transport and the Urban Environment*, compõe-se de matéria ligada ao processo de urbanização, suas causas e consequências relacionadas ao meio-ambiente, enfatizando ainda o problema do transporte urbano.

O segundo livro, *The Management of Water Quality and the Environment*, trata da questão da qualidade do meio-ambiente, de maneira mais específica, relacionada, naturalmente, aos proble-

mas do meio-ambiente urbano, mantendo, no entanto, posições independentes.

O presente volume e o primeiro constituem-se de um conjunto de exames, intimamente ligados, de uma área, tornando-se importantes subsídios para qualquer política governamental e também à pesquisa acadêmica.

A maioria dos conferencistas era composta de economistas, mas houve também uma grande parte de representantes de outras áreas como Engenharia, Física e Ciências Sociais. Ficou evidenciado, no decorrer dos trabalhos, que o progresso realmente eficiente que se possa obter no trato do problema, da qualidade do meio-ambiente, depende da habilidade para mobilizar e coordenar contribuições dos mais variados campos.

142

E o material encontrado nesta coletânea comprova claramente como os economistas se valeram dos recursos captados fora da área da Economia, para analisar o problema da qualidade do meio-ambiente.

Este livro está dividido em três partes: Poluição do Ar e da Água; Problemas da Política Governamental e sua Abordagem e Paineis de Avaliação e Consolidação, contendo então as seguintes conferências:

PART I: AIR AND WATER POLLUTION

- 1 The Optimum Management of Social Overhead Capital
H. Uzawa 3
Discussion 18
- 2 Industrial Structure, Growth and Residual Flows. Finn R. Forsund and Steinar Strom
Discussion

- 3 The Application of Economic Analysis to the Management of Water Quality: Some Case Studies. Allen V. Kneese 73
- 4 A Linear Decision Model for the Management of Water Quality in the Ruhr. Rainer Thoss and Kjell Wiik 104
Discussion 134

PART II: PROBLEMS OF AND APPROACHES TO PUBLIC POLICY

- 5 Qualitative Returns to Scale and the Optimum Financing of Environmental Policies — Serge-Christophe Kolm 151
Discussion 172
- 6 Effluent Standards
Karl-Göran Mäler 189
Discussion 213
- 7 The Management of the Quality of the Environment. Clifford S. Russell, Walter O. Spofford Jr. and Edwin T. Haefele 273
Discussion

PART III: EVALUATION AND CONSOLIDATION PANEL

- 8 Urbanisation and Environment: Retrospective and Prospective Views. Ian G. Heggie, Henry Tulkens, Rainer Thoss, Karl-Göran Mäler and Edwin S. Mills 281
Index 301

FUNDAMENTOS DA ECONOMIA FLORESTAL — WILLIAM A. DUERR — FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN — LISBOA — PORTUGAL — 1960.

Com a finalidade de orientar a política florestal no aspecto econômico de sua atividade, William Duerr, professor de

Silvicultura na State University of New York, dedicou grande parte de suas atividades.

A presente edição, do original inglês *Fundamentals of Forestry Economics*, de sua autoria, foi traduzida por Eugenio João Lamas da Silva, engenheiro agrônomo e subdiretor da Escola de Regentes Agrícolas de Coimbra.

A atividade florestal teve a sua importância renovada em todo o mundo devido ao seu desempenho no progresso vertiginoso das cidades após a 2.^a Guerra Mundial.

O crescimento vertical das populações suscitou o interesse pela cultura florestal, utilização dos produtos da floresta e conservação de recursos.

Entidades públicas, então, passaram a se preocupar com o problema porque tornou-se incessante a procura da madeira pelas indústrias de transformação de produtos florestais.

Era necessário uma sistematização da abordagem da questão para acompanhar o crescimento rápido das cidades no atendimento à crescente demanda.

No prefácio do livro, William Duerr faz as seguintes indagações: "Até que ponto pode, razoavelmente, o proprietário florestal levar os seus esforços e despesas de ordenamento?" "O que deve guiar as decisões administrativas das empresas de transformação e comercialização da madeira?" "Quais as alternativas dos consumidores?" "Como é que a atividade florestal leva a cabo a sua missão de fornecer a toda a gente bens e serviços florestais?" "Quais são os seus defeitos e como corrigi-los?"

Na compreensão destas questões está o entendimento de toda a problemática florestal.

O autor procurou, nesta obra, utilizar sua experiência, nos modelos americanos, dos problemas econômicos da atividade florestal para extrair seus aspectos fundamentais, sintetizando-os num determinado número de princípios.

Este livro constitui importante ponto de referência para técnicos e estudiosos que encontram nele a abordagem de toda a temática florestal.

Está dividido em cinco partes:

PARTE I

Introdução	11
1 Objeto da Economia Florestal	13
2 Economia e Economia Florestal	25
3 Os Recursos na Economia Florestal	39
4 A Sociedade e o Indivíduo	59

PARTE 2

A OFERTA DA EMPRESA DE PRODUÇÃO FLORESTAL	71
5 A Análise Marginal Aplicada aos Objetivos da Empresa	73
6 Funções de Produção, o Fator Trabalho	97
7 Múltiplas Combinações do Fator Trabalho	111
8 Capital e Juro	135
9 Combinação Ótima para o Capital Florestal	159
10 Taxa de Juros e Conservação	189
11 Utilização da Terra	213
12 Ordenamento para a Produção Múltipla	241
13 Oferta de Produtos Acabados	257
14 Oferta de Lenho em Pé	283
15 Planejamento da Empresa	297
16 Métodos de Planejamento Econômico	309

O MERCADO DOS PRODUTOS FLORESTAIS

17 A Procura de Produtos Florestais	339
18 Determinação dos Preços e das Qualidades	365
19 Variações nos Preços e nas Quantidades	391
20 A Comercialização e as suas Funções	421
21 A Comercialização e os seus Métodos	443
22 Geografia da Comercialização	463
23 Avaliação Florestal	489

PARTE 4

INSTITUIÇÕES DO SETOR FLORESTAL

24 Centros de Influência do Setor Florestal	513
25 A Instituição da Propriedade	543

26 A Atividade Florestal e o Imposto Geral sobre a Propriedade	561
27 Impostos Especiais sobre a Propriedade e Imposto sobre o Rendimento	589
28 Crédito e Seguros	615

PARTE 5

FUNCIONAMENTO E PLANEJAMENTO DA ECONOMIA FLORESTAL

29 A Economia Florestal Mundial	641
30 Planejamento Social no Âmbito do Setor Florestal	665
31 Estabelecimento de Programas Florestais de Interesse Público	675
32 O Planejamento Regional no Domínio da Atividade Florestal	703
33 Problemas Econômicos da Atividade Florestal	725
34 Notas do Tradutor	737
Índice de Assuntos	741
Índice	753

A Ecologia no Currículo Escolar

Dados Informativos

O Projeto LANDSAT

O Programa SERE

Noticiário

145

A ECOLOGIA NO CURRÍCULO ESCOLAR

Um dos graves problemas que os países desenvolvidos vêm enfrentando é manter o equilíbrio ecológico, conciliando o desenvolvimento com a preservação do meio-ambiente, impedindo o esbanjamento dos recursos naturais, abolindo a falsa idéia de que tais recursos são inesgotáveis, e velar pelo bem-estar das gerações futuras que terão, no mínimo, as mesmas necessidades e direitos que as atuais.

Embora os nossos antepassados já tivessem noções de ecologia, foi o biólogo alemão Ernest Haeckel que, em 1866, definiu a palavra ecologia como sendo o estudo das relações existentes entre os seres vivos e o meio-ambiente. A origem da palavra ecologia vem do grego — *oikos* ("casa" ou lugar para morar) e *logos* ("estudo").

A ecologia pode ser considerada como uma das mais novas ciências.

EVOLUÇÃO DO ESTUDO ECOLÓGICO

Por vários séculos os cientistas se limitaram a denominar as plantas e animais que descobriram e descrever a anatomia das espécies que

conseguiram obter. Gradualmente, à proporção que a pergunta "que é isto?" se tornava mais fácil de ser respondida, os cientistas começaram a estudar os efeitos do ambiente sobre os organismos vivos. Durante o século dezanove, por exemplo, foram feitas investigações sobre os efeitos da duração do dia em relação à migração dos pássaros e os da unidade no desenvolvimento dos insetos. Foram publicados centenas de livros que descreviam o comportamento de plantas e animais e sua distribuição pela face da terra.

Até então, as investigações se limitavam a focalizar organismos individuais. No final do século dezanove e início do século vinte, entretanto, passaram a se interessar também por populações de organismos. Após alguns estudos, chegaram à conclusão de que todas as populações de plantas e animais de uma certa área formam uma espécie de comunidade, e que cada tipo de organismo que a compõe tem uma certa "tarefa" a ser executada. O estudo da natureza foi se tornando cada vez mais extenso e profundo.

Em 1935 foi criada a palavra ecossistema para descrever o conjunto das comunidades vivas de uma região e mais todas as coisas sem vida que são parte integrante do ambiente. Na terra existem milhões e milhões de ecossis-

temas: florestas, lagos, prados, terrenos baldios, um tronco podre. A própria Terra é um imenso ecossistema.

ECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Assim a ecologia que, há algumas décadas, era apenas um ramo da botânica, tornou-se uma ciência palpitante e de suma importância para o futuro da humanidade, principalmente pelos obstáculos que o homem vem encontrando na caminhada para o progresso tecnológico.

Esses obstáculos estão relacionados com o desenvolvimento altamente industrial e científico, os ligados ao espaço, explorado pelo homem ou não, e os inerentes à extensão da urbanização.

O homem terá de encontrar soluções adequadas para esses problemas que começam a ameaçar a sobrevivência na Terra.

A nossa atmosfera está menos respirável, as nossas águas mais poluídas, o nosso solo está mais pobre. Algumas espécies estão em fase de extinção e outras já extintas.

146

ECOLOGIA COMO PROBLEMA BRASILEIRO

O Governo brasileiro, sensível ao problema, tem procurado assegurar a estabilidade ecológica através de estudos, pesquisas, levantamento de campo e participado de encontros internacionais. Como resultado já existe farta legislação sobre o assunto e a criação de órgãos oficiais como o Instituto de Desenvolvimento Florestal (IBDF), a Superintendência para o Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), o Instituto Nacional de Colonização (INCRA), a Superintendência de Recursos Naturais (IBGE), e a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Ligada diretamente ao Ministério do Interior, compete uma série de atribuições, podendo-se mencionar dentre elas, acompanhar as transformações do ambiente; assessorar os órgãos de entidades incumbidas da conservação do meio-ambiente; elaborar o estabelecimento de normas e padrões relativos à preservação do meio-ambiente; promover a formação e treinamento de técnicos e especialistas relativos à preservação do meio-ambiente; cooperar na preservação de espécies em extinção; manter atualizada a relação de agentes poluidores e substâncias nocivas relativas ao interesse do País; promover a educação do povo brasileiro para o uso adequado e racional dos recursos naturais, tendo em vista a conservação do meio-ambiente.

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS NATURAIS DO IBGE

Quanto à Superintendência de Recursos Naturais (SUPREN) do IBGE, tem por objetivo promover a difusão de conhecimentos sobre recursos naturais e meio-ambiente; oferecer contribuições que atendam à demanda de uma classe da sociedade situada nos limites de formação pré-acadêmica, servindo, contudo, também à faixa universitária; cobrindo eventuais deficiências editoriais, oferecendo, assim, trabalhos originais, reedições oportunas e traduções adequadas, que concorram para a racionalização do pensamento e harmonização conceitual da conservação da natureza e de seus recursos.

Em 1977 as escolas de 2.º grau da rede oficial e particular de ensino, os colégios agrícolas e as escolas técnicas federais terão de incluir em seus currículos o curso de ecologia, por determinação do Ministério da Educação.

A medida visa a tornar os estudantes conscientes de que "o progresso técnico, a urbanização rápida, o crescimento do uso de equipamentos poderosos e de novos agentes químicos obrigam a maior preservação da natureza".

Pretende, portanto, o governo ampliar os meios que favoreçam a formação de consciência, em nível nacional, sobre a magnitude do problema.

DADOS INFORMATIVOS

A utilização, pelo IBGE, de dados informativos de origem governamental na produção de informações e estudos de interesse do planejamento econômico e social e da segurança nacional, foi regulamentada por Decreto.

Ao IBGE será dado acesso às informações estatísticas existentes nos órgãos e entidades da administração federal civil, direta e indireta, e nas fundações supervisionadas, para a produção de informações e estudos de natureza estatística, geográfica, cartográfica e demográfica necessários ao conhecimento da realidade física, econômica e social do País, visando especialmente ao planejamento econômico e social e à segurança nacional.

Cabe ao IBGE a expedição das normas que forem necessárias à uniformização de conceitos, ao uso de classificação comum e à manutenção de metodologia uniforme de coleta, com vistas à compatibilização dos registros com os princípios da legislação em vigor, sobre os Sistemas Estatístico e Cartográfico Nacionais e o Plano Geral de Informações Estatísticas e Geográficas.

As normas serão desdobradas em projetos específicos e elaboradas pelo IBGE, em articulação com os órgãos, entidades e fundações interessadas, como ficou estabelecido pelo Decreto n.º 77.624 (17/5/76).

O PROJETO LANDSAT

Hoje os satélites artificiais cortam os céus e, procurando manter a tradição de seus precursores, transmitem informações: pontos, traços, brilhos, sombras, que constituem sua linguagem familiar.

Não se pode dizer que esta seja uma linguagem fácil e acessível. Mas em São José dos Campos, no Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), há algumas pessoas trabalhando para que estas informações cheguem até os interessados, de forma clara e compreensível, para facilitar seu trabalho, não só da implantação como de acompanhamento de um projeto agropecuário. Não apenas nas regiões inacessíveis da Amazônia como em qualquer parte do território nacional.

PARA FACILITAR O TRABALHO

Como ter a dimensão exata da área desmatada invadida pela juquira, para poder calcular corretamente a quantidade de herbicida necessária para combater a praga? Como comprovar se o trato firmado para desmatamento e preparação do terreno de uma determinada área foi cumprido integralmente? Como saber, no curto tempo necessário para tomar uma decisão a respeito, da compra ou não de uma propriedade, com segurança, e quais os grupos de vegetação que a constituem? Como avaliar a qualidade de uma pastagem? Como fazer a medição de uma área e a demarcação de uma propriedade, economizando mão-de-obra e dinheiro?

As respostas a estas perguntas poderiam ser várias, levando-se em conta os métodos e meios que vêm sendo empregados até hoje. A mais satisfatória, no entanto, é a seguinte: através da utilização de sensores remotos ou, mais especificamente, servindo-se dos satélites *Landsat*, da NASA, anteriormente conhecidos como *ERTS* (Earth Resource Technology Satellite).

O primeiro de sua série foi lançado em julho de 1972 e o segundo em janeiro de 1975 pela NASA, estando programados para enviar informações às estações receptoras terrestres.

Detectando e levantando a mais ampla gama de todos os nossos recursos naturais, orientando de maneira precisa para um maior entendimento e controle de meio-ambiente, o *Landsat* está operando em uma órbita polar, síncrona com o sol, em altitude aproximada de 915 km, possibilitando conseguir dados de regiões terrestres pelo seu sensoriamento repetitivo a cada 18 dias.

Para se ter uma pequena idéia da amplitude de sua eficácia nas coberturas de áreas, o *Landsat* pode fazer a cobertura total do Brasil em 450 imagens, em cada período de 18 dias. Da mesma forma, uma aeronave para cumprir esta mesma tarefa teria de tirar pelo menos 450.000 fotos.

A bordo dos *Landsat* 1 e 2 foram instalados instrumentos de alta precisão como o escansor multiespectral e um conjunto de três câmaras vidicon.

Tanto o escansor multiespectral como as câmaras vidicon de sua área de varredura proporcionam informações de uma área de 35.000 km², numa resolução da ordem de 80 metros.

Uma mesma área é pesquisada simultaneamente por todas as unidades, todavia cada uma delas contém uma configuração distinta, gerando imagens em diferentes regiões do espectro.

Esta separação espectral é de alta valia, pois propicia uma diferenciação dos diversos recursos terrestres, que são revelados mais claramente em determinadas partes do que em outras.

E para monitorar continuamente seus recursos o INPE instalou uma estação terrestre de rastreo, recepção e gravação de dados do *Landsat* em Cuiabá (Mato Grosso), já que se necessita tirar o maior proveito de nossos imensos recursos terrestres nas regiões do interior do País.

São 6.000.000 km², com a densidade de apenas 2 habitantes por km². E o *Landsat* com sua capacidade de cobrir esta vastíssima área, a custos extremamente reduzidos, coaduna-se perfeitamente com as necessidades de um amplo levantamento, antes inexecutável, destas remotas áreas, alargando horizontes e estabelecendo um novo destino para estas regiões.

O Brasil é o terceiro País do mundo, depois dos Estados Unidos da América e o Canadá, a construir uma estação para receber os sinais do *Landsat*.

Na estação de Cuiabá, operando desde maio de 1973, os sinais são recebidos por antena parabólica de 10 metros de diâmetro, através de um sistema automático de restreio. Dessa maneira, em um mesmo dia de recepção, são obtidos dados, gravados em fitas magnéticas que, posteriormente, serão transformadas em imagens.

Em 1700 metros quadrados de área construída, em Cachoeira Paulista, estão localizados os laboratórios de Processamento de Imagens e Fotografias do INPE. É aí onde todas as fitas gravadas em Cuiabá são processadas.

Uma complexa e sofisticada aparelhagem de processamento de imagem, em operação desde fins de 1974, permite a transformação dos dados gravados em imagens.

O produto inicial é um filme preto e branco, 70 mm, contendo as diferentes fases de cada sensor. Posteriormente o filme original é ampliado, podendo obter-se imagens até na escala 1:100.000. Composições a cores podem ser obtidas partindo-se de 3 faces diferentes do escansor multiespectral. É possível também a visualização a cores da imagem durante o processamento eletrônico, assim como a obtenção de dados em forma de fitas magnéticas digitais, compatíveis com computadores.

O Programa SERE

Resultado de um trabalho iniciado no INPE, em 1967, o programa de sensoriamento re-

moto de recursos naturais (SERE) tem por objetivo o desenvolvimento de metodologias para o uso efetivo das técnicas de sensoriamento remoto no levantamento e controle de recursos terrestres, e da transferência dessas técnicas para entidades brasileiras que possam dela usufruir nos seus respectivos campos de atuação.

Em termos de pesquisas específicas, os pesquisadores do SERE estão concentrados, entre outros projetos, no mapeamento de solos; na classificação de grandes grupos de vegetação, ou seja, se a área focalizada é formada por cerrado, mata ou florestas; mapeamento de rede hidrográfica; classificação de reflorestamento; mapeamento e estudo da rede viária existente; identificação e monitoramento de fontes poluidoras do ar e de água; caracterização de unidades geológicas regionais; levantamento regional das áreas plantadas com diversas culturas, objetivando a obtenção de dados para a previsão de safras.

Os resultados das pesquisas, metodologias operacionais para abordar problemas em diversas disciplinas, deverão ser transferidas aos usuários, empresas e órgãos do Governo, objetivando gerar benefícios multiplicativos para o País.

Atendendo a pedidos de pesquisas feitos pela SUDAM, estão procedendo à avaliação da área desmatada da Amazônia através de análises periódicas. Este trabalho visa a fornecer informações à SUDAM, permitindo o acompanhamento e controle do desenvolvimento dos projetos agropecuários por ela aprovados, de forma rápida e econômica.