

GEADAS EM REGIÕES TROPICAIS

— Uma Resenha Bibliográfica*

Ana Zaiantchik Lacativa

RESUMO

Comentários e críticas à bibliografia existente a respeito da ocorrência de geadas nas regiões tropicais, percorrendo cerca de meia centena de títulos, proporcionam uma visão ampla sobre este setor da climatologia.

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia, agricultura, geada, topoclima, combate à geada, circulação atmosférica, satélites meteorológicos, previsão do tempo.

FROSTS IN TROPICAL REGIONS

— A Bibliographic description*

ABSTRACT

Comments and criticisms to the existing bibliography about the occurrence of frosts in the tropical regions, covering about fifty titles, give a wide vision about this section of climatology.

KEY-WORDS: Climatology, agriculture, frost, ways to face frost, atmospheric circulation, meteorological satellite forecast.

O fenômeno microclimático da geada tem sido estudado, com detalhes, nas regiões extratropicais, sendo poucas as publicações referentes às áreas tropicais.

Iniciamos nossa análise bibliográfica pelos trabalhos publicados em nosso país, onde selecionamos alguns artigos referentes ao tema, que abordamos e completamos com estudos produzidos no exterior (inclusive os traduzidos). Apresentamos, para cada autor, os títulos das obras e respectivas datas de edição, aparecendo as demais indicações na bibliografia ao final do trabalho.

Em março de 1877, o jornal A Província de S. Paulo publicou na Seção Científica, o artigo *Efeito das geadas na agricultura. Maneira de as combater*.

Esse trabalho refere-se aos estudos de meteorologistas franceses e da própria Academia de Ciências de Paris sobre os meios de combater a geada através da perturbação da transparência do ar.

Segundo o artigo, os índios do Peru quando pressentiam a formação de geada ateavam fogo à palha úmida para perturbar a transparência do ar.

O problema da perturbação do ar consistia em encontrar materiais baratos que produzissem bastante fumaça e, segundo discussão dos membros da Academia de Ciências de Paris, poder-se-iam empregar alcatrão, naftalina, resina, betume e turfa.

Embora o combustível fosse caro no Brasil, os agricultores de nosso país eram aconselhados a utilizar esses processos porque o valor do café compensaria todas as despesas que fizessem.

*Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade de São Paulo em 1984.

*Extracted from the Mastership Dissertation presented in the University of São Paulo in 1984.

DANIELA Belfort de Mattos Filho, um dos precursores do estudo da geada, no estado de S. Paulo, publicou em 1929, *A Geada e o Café*. Neste trabalho, explica as condições meteorológicas favoráveis ao fenômeno, os tipos de geada e apresenta o mapa do Estado de São Paulo com a frequência normal das geadas, no qual aparece com grande destaque a região serrana do Planalto Atlântico (Campos do Jordão) como a área de maior ocorrência, com mais de 50 dias de geada por ano e o sudoeste do estado com 8 a 10 dias de ocorrência anual.

Em 1953, M. Mazzei Guimarães (agrônomo) escreveu para o jornal *Folha da Manhã* o artigo *O melhor método preventivo é ainda a escolha da terra - a influência da topografia*. Refere-se ao norte do estado do Paraná, onde as zonas altas e acidentadas, dificilmente, apresentam cafezais atingidos pela geada. Segundo o autor, a localização dos cafezais nas baixadas, pode ser responsabilizada como uma das principais causas dos danos provocados, no Paraná, pela geada de 1953.

Comenta também a falta de divulgação de dados de previsão de geada pelo Serviço de Meteorologia, pois os fazendeiros das áreas mais fortemente atingidas não foram informados de que uma potente massa de ar frio procedente do sul do continente atingiria as regiões cafeicultoras de S. Paulo e Paraná, nos dias 3, 4, 5 e 6 de julho de 1953.

O Suplemento Agrícola do jornal *O Estado de São Paulo* tem publicado uma série de artigos relacionados ao fenômeno da geada.

Heitor W. Studart Montenegro escreveu para esse Suplemento o artigo *As geadas e seus efeitos*, publicado em 1955, tratando, principalmente, dos métodos de proteção.

Em 1958, o agrônomo do IAC Ângelo Paes de Camargo escreveu o artigo *A Serragem Salitrada no Combate à Geada*, no qual divulga este método de defesa contra o fenômeno e, em 1963, o mesmo autor concluiu o estudo *Instruções para o combate à geada em cafezais*, ambos publicados nos boletins da Seção de Climatologia Agrícola do IAC.

Este último é, especialmente, dedicado aos métodos de combate à geada de caráter topoclimático e microclimático e cita a nebulização como o único processo de combate direto, prático e econômico para o caso dos nossos cafezais. No final, apresenta um gráfico para determinação do início da nebulização no combate à geada.

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro publicou no livro *Grande Região Sul* (1963) um capítulo referente à Dinâmica Atmosférica na América do Sul e as Bases da Explicação Genética do Clima Regional. Destacou a intensa participação da Massa Polar Atlântica na circulação regional, demonstrando que seus avanços, particularmente notáveis no inverno, ultrapassam, muitas vezes, os domínios da Região, interferindo em latitudes mais baixas. As quedas acentuadas da temperatura determinam freqüentemente a ocorrência de geadas, principalmente nas áreas de maior altitude. O mapa de geada da Região Sul utilizado neste estudo foi colhido do trabalho de Ruth L.C. Magnani "Observações sobre o clima da bacia Paraná-Uruguaí" (1955) onde o Sudoeste de S. Paulo figura como área de maior ocorrência de nosso estado, com 10 dias de geadas anuais.

Em 1968, o agrônomo Eduardo C. Ferraz apresentou a tese de doutoramento, na E.S.A. Luiz de Queiroz, *Estudos sobre o momento em que a geada danifica*

as folhas do cafeeiro. Conforme o autor, a morte das folhas do cafeeiro ocorre durante a congelção e essa temperatura varia entre $-3,4^{\circ}\text{C}$ e $-3,5^{\circ}\text{C}$, verificando, ainda, que a velocidade do descongelamento não agrava nem atenua os danos. Refere-se ao método de combate à geada pelo emprego de nebulizadores.

Em 1969 é publicada a tese de doutoramento de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro *A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil* (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil).

Segundo o autor, esse trabalho tem suas raízes na pesquisa sobre as chuvas no Estado de S. Paulo. Nos dois invernos analisados (1957 e 1963), comprovou que os máximos de pluviosidade estão relacionados à posição da Frente Polar Atlântica.

Propõe uma complementação ao estudo do ciclo vital da onda de frio (Grande Região Sul, 1963), caracterizando os diferentes graus de intensidade de que se revestem os avanços das massas polares: "entre as condições máximas e nulas de abastecimento de ar frio, ao sul do continente, se podem escalonar tipos intermediários de fluxos, que perfazem um total de seis tipos fundamentais: contínuo, dominante, alternado, interrompido, fraco e nulo".

O autor enquadró o inverno de 57 no tipo de fluxo alternado seguido do interrompido e o inverno de 63 no tipo de fluxo polar fraco. Constatou que a ocorrência de geadas no norte do Paraná e em S. Paulo, em meados de agosto de 63, está relacionada às duas invasões de fluxo contínuo e dominante que produziu a única onda de frio daquele inverno.

Em 1972 saiu a público o artigo *A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro*, de Augusto Humberto Vairo Titarelli.

O episódio estudado com auxílio de cartas sinóticas e imagens orbitais, embora situado no outono, enquadra-se no tipo de "Fluxo Contínuo", segundo o Prof. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (obra citada). Este tipo de fluxo é caracterizado por forte abastecimento de ar polar Pacífico, que transpõe os Andes, sendo acompanhado de intensa ciclogênese na vertente Atlântica, impulsionando a Frente Polar Atlântica que progride rapidamente para o norte, pela rota do interior, onde não sofre a oposição do anticiclone do Atlântico. A Frente, assim dinamizada, atinge a Amazônia Ocidental, onde provoca o fenômeno da friagem, enquanto submete o sul a severa onda de frio, com ocorrência de geada.

Em 1973 foi publicado *A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de S. Paulo* -, estudo geográfico sob a forma de Atlas, de autoria de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, através do qual o autor propõe a divisão do território paulista em duas zonas climáticas, baseadas na atuação das massas de ar envolvidas na circulação geral.

Na zona intertropical, o clima é controlado por massas equatoriais e tropicais, enquanto na zona subtropical o controle passa para as massas tropicais e polares. Monteiro propõe que o limite zonal seja associado ao índice porcentual de 40% de participação anual da massa polar, situando-se em latitude próxima ao trópico. Ao sul dessa faixa, o clima é subtropical, permanentemente úmido, pela atuação das massas de ar e, sobretudo, pela atividade frontal. Nos anos de atuação mais reduzida

da massa de ar polar, sua participação não é inferior a 40%, podendo elevar-se a 75%, nos anos de maior atividade.

Ao norte dessa faixa verifica-se a existência do tipo tropical com um período seco coincidindo com o outono-inverno, pois a menor penetração da massa polar no setor setentrional reduz a quantidade de chuvas (vide Fig. 1).

Em 1975, o agrônomo J. Miocque escreveu para o Suplemento Agrícola do jornal O Estado de S. Paulo, o artigo *Efeitos da Geada*, em que chama a atenção para os desmatamentos que têm ocorrido no sul do estado de S. Paulo, os quais, segundo o autor, permitiram às frentes frias alcançarem regiões cada vez mais setentrionais. Cita, como exemplo, o vale do Paranapanema, onde o fenômeno ocorre em intervalos de três a quatro anos, prejudicando a cana de açúcar.

Eduardo Castanho Ferraz (agrônomo) escreveu para o Suplemento Cultural do jornal O Estado de S. Paulo o artigo *As geadas e as plantas tropicais*. (1975).

Explica, principalmente, as perdas de calor das folhas e do solo, num processo de geada. Analisa os tipos de geadas, afirmando que é muito comum se considerar como de vento, uma geada que, na verdade, é de irradiação, porque há sempre entrada de massa de ar frio precedendo esse tipo de geada, provocando turbulência na atmosfera, com vento e muita chuva.

Em 1975, Seibert et al. publicaram o artigo *Plano de manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão*. Analisando os dados de temperaturas e precipitações referentes ao período de 1965-74, classificaram o clima local como Cfb segundo critério de Koeppen (subtropical de altitude), sendo julho o mês mais frio, com 9,5°C em média, e mínima absoluta de - 4,4°C. Alterações pouco significativas foram observadas com relação às temperaturas, mesmo considerando o desmatamento, pois, afirma o autor, que o plantio de outras essências florestais teria contribuído para o equilíbrio ecológico.

Além de estudos de insolação, balanço hídrico, nebulosidade, umidade relativa, nevoeiro, pressão atmosférica, ventos, o trabalho analisou os danos paisagísticos provocados pela geada, no Parque Estadual de Campos do Jordão.

Outras conclusões foram as de que as geadas ocorrem nos meses de abril a setembro, com maior incidência em junho e julho, em 42 dias em média, durante o ano; sendo que em julho ocorreram, aproximadamente, 13 dias de geadas.

Carlos Girardi, climatólogo do INPE, depois de sete anos de observações com fotografias de nuvens transmitidas por satélites meteorológicos, concluiu que o auxílio da tecnologia espacial é valioso subsídio para a previsão do tempo. Em 1975 publicou o artigo *Previsão de geadas baseada em dados fotográficos emitidos por satélites meteorológicos*.

Neste trabalho, identifica as massas polares numa seqüência de fotos entre 2 e 5 de julho de 1972 e entre 16 e 19 de julho de 1975.

Em ambos os casos, constatou a chegada à costa chilena, na latitude de 35° S, de uma massa polar que, após vencer os Andes, atinge as planícies do leste. Essa massa de forma semi-circular, com diâmetro estendendo-se por mais de 1.500 km foi por ele denominada "Poço dos Andes" e fotografada pela primeira vez pelo satélite ESSA 8, no dia 17 de julho de 1975. Nessa data, foi prevista a invasão de ar polar que ocasionou, no dia 18 de julho de 1975, ocorrência de geada e neve na região sul do

Brasil, e geada, nas áreas vizinhas do Trópico de Capricórnio.

Segundo Girardi, a atividade do "Poço dos Andes" não se restringe ao inverno, também atuando entre o outono e a primavera; embora não cause geada nas estações limítrofes, promove radicais transformações nas condições atmosféricas. O autor demonstra como, através da análise de fotos de satélite, é possível fazer um prognóstico seguro de geadas e neves no Brasil Meridional: ocorrência de densa nebulosidade encobrindo o sul do Brasil, Paraguai, Uruguai, norte da Argentina e a existência de um semi-círculo escuro, sem nuvens, ao largo da cordilheira dos Andes, significando a chegada de importante massa de ar polar.

Conforme o autor citado, o "Poço dos Andes" significa o marco inicial de um modelo atmosférico importante para o país, pelas transformações radicais operadas após seu aparecimento, na Cordilheira Andina.

Em setembro de 1977, realizou-se no Instituto Agrônomo de Campinas o *Seminário Internacional sobre Climatologia do Hemisfério Sul*, tendo sido publicada uma série de artigos relacionados à geada. Os quatro trabalhos que apresentamos a seguir são desse Seminário.

O primeiro foi *Frequência das geadas excepcionais como as de julho de 75*, de Ângelo Paes de Camargo.

Considera a geada de 18 de julho de 1975 como "severíssima ou excepcional", tendo ocorrido somente mais duas desse tipo: a de 1902 e a de 1918. Conforme Camargo, em cada século podem ocorrer 3 a 4 geadas desse tipo.

Previsão das geadas através do satélite meteorológico, de Carlos Girardi a que já fizemos referência, é outro trabalho apresentado, nesse Seminário.

H.M.T. Nunes e Z.R. Sobral escreveram *Um estudo das perturbações extratropicais associadas à ocorrência de geada, no sul do Brasil*.

Selecionaram várias situações sinóticas típicas de ocorrência de geada no sul do Brasil e tentaram definir qualitativamente a estrutura da perturbação e as condições atmosféricas favoráveis ao fenômeno.

R.J. Villela apresentou nesse mesmo Encontro o artigo "*Relation between Antarctic Ice, Solar Cycle, frosts and droughts in Brazil*".

Geadas destrutivas como as de 1942, 53, 55, 62, 63 e 69 estiveram relacionadas às situações anormais do gelo Antártico, reveladas pela extensão do pacote de gelo e icebergs flutuantes (Villela 1961, 62, 64, 71, 72, 75).

A gênese dos episódios meteorológicos de julho de 1975 e a variação espacial dos danos causados pela geada à agricultura no estado de S. Paulo, foi um trabalho realizado em 1977 por José Roberto Tarifa, Hilton Silveira Pinto, Rogério Remo Alfonsi e Mário José Pedro Jr. Apresentam mapeamento por computadores, do estado de S. Paulo, sobre a porcentagem média dos danos causados pela geada de julho de 1975 e interpolação desses dados pelo sistema SYMAP (Synagraphic Mapping).

O objetivo principal foi o de auxiliar futuros programas de previsão e advertência junto aos cafeicultores. Distinguem na geada de julho de 1975, dois episódios: - o primeiro, nos dias 6, 7, 8 e o segundo, nos dias 16, 17, 18 e 19, sendo o da madrugada do dia 18 o de maior severidade, comparado com o de agosto de 1902 e de junho de 1918. As áreas mais afetadas estão entre as calhas do Paraná e Paranapanema

ao sul de 20° lat. sul e a oeste do meridiano de 49° W Gr. O gradiente da intensidade foi de WSW para ENE. Relacionam o rápido deslocamento do anticiclone polar continental com a atração provocada por um intenso aquecimento do centro de baixa pressão (Depressão Continental do Chaco), com temperaturas que atingiram 28 a 30°C, no estado de S. Paulo. Esse intenso aquecimento estava relacionado a vigoroso fluxo superior de Oeste que, normalmente, precede a penetração dos fluxos polares mais intensos na superfície.

A previsão da geada, segundo os autores citados, pode ser melhorada no caso de se aprimorarem as relações entre a circulação superior, a circulação de superfície e o comportamento dos elementos meteorológicos junto ao solo.

Em 1978 o meteorologista Márcio Falcão publicou, no Suplemento Agrícola, o artigo *Nebulização reduz os efeitos da geada na cafeicultura*, considerado um processo barato e eficiente para combatê-la. Refere-se aos tipos de geada de vento, branca, negra e explica que o fenômeno ocorre após a passagem de uma frente fria. A massa de ar polar que vem sempre acompanhando a frente é que poderá determinar o declínio da temperatura, provocando a geada.

Dirceu Brasil Vieira (agrônomo), escreveu o artigo *Geada, um grande problema da agricultura* (1979), publicado no mesmo Suplemento. Define geada como um fenômeno microclimático de natureza física, diferenciando os tipos de geada-branca, negra e de vento. Geada de vento ocorre sem a formação de gelo, o que leva muitos autores a denominá-la também de geada negra.

Explica que o maior problema da geada não é a presença de uma camada de gelo sobre as plantas, porque a água pura solidifica-se a 0°C, ao passo que o líquido presente no interior dos tecidos vegetais contém outras substâncias minerais e orgânicas, que condicionam temperaturas de congelamento mais baixas. Pode, inclusive, ocorrer em manhãs frias, a formação de uma camada de gelo sobre as plantas, sem contudo, ocorrer a geada, isto é, a morte dos tecidos vegetais.

Em 1979, o IBGE editou o livro *Climatologia do Brasil*, de Edmon Nimer, contendo no capítulo referente à região sudeste um mapa sobre ocorrência média da geada, de autoria de Lucy Pinto Gallego. Como áreas de maior ocorrência, no estado de S. Paulo, destacam-se as superfícies elevadas da Mantiqueira com mais de 30 dias de geada por ano e o sudoeste do Estado com 5 a 10 dias anuais.

As mais baixas mínimas diárias, na região sudeste, verificam-se após a passagem de uma frente fria de origem subpolar, sob a ação de um anticiclone polar.

Em 1980, Márcio Falcão escreveu o artigo *Condensada a utilização da Serragem Zinco-clorada*, vendida aos agricultores da região de S. Manoel e Avaré, mostrando que o referido processo cria sérios problemas à saúde do homem.

Inverno traz de novo, o perigo da geada é outro artigo escrito em 1980 por Márcio Falcão. Faz comentários sobre a previsão de geada, o processo de combate pela nebulização, diferencia as características das massas polares continentais e marítimas e a eficiência das previsões com antecedência de uma hora, um dia e uma semana.

Altino Aldo Ortolani, agrônomo do IAC, escreveu um trabalho s/d sobre o *Histórico dos estudos, observações e controle da geada no Brasil*. Relaciona os trabalhos escritos sobre o combate à geada, desde D'utra (1919) através do método de pro-

dução de nuvens artificiais até o processo de nebulização. Cita a criação do Serviço de Estudos para a Defesa contra as Geadas no ano de 1955, com a colaboração da Seção de Climatologia Agrícola do IAC e do Departamento de Meteorologia da E.S.A. Luiz de Quejroz. Esse órgão intensificou a pesquisa sobre o método de turvação atmosférica e foi estudada a eficiência de vários produtos para a nebulização.

Os relatórios dos agrônomos da mesma entidade-Camargo, Salati e Godoy (1957)-informavam que as neblinas se acamavam nas partes mais baixas e cobriam terrenos em forma de bacia, somente em condições de geada de irradiação e que a temperatura mínima da relva de até - 3°C não foi suficiente para causar danos nas folhas do cafeeiro. Também constataram que a incidência dos raios solares pela manhã nas folhas do cafeeiro cobertas de gelo, não provocou danos nos tecidos pelo descongelamento rápido.

A temperatura das folhas era sempre mais baixa que a do ar e em noite de irradiação essas diferenças foram da ordem de 0,3 a 2,1°C. Determinaram também, experimentalmente, a temperatura letal do cafeeiro, cujo limite se situa entre -3° e -4°C.

Pinto et alii em 1976/77 determinaram as diferenças entre as temperaturas do abrigo e da relva, sendo 0,7°C no abrigo e -3,5°C na folha, para início da morte dos tecidos do cafeeiro.

Em 1980, é publicado o livro *Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras*, de Antonio Tubelis e Fernando José Lino do Nascimento. O capítulo VIII refere-se ao fenômeno da geada, previsão e frequência de ocorrência.

Apresentam um mapa da região sul com a frequência média anual de ocorrência de geada, segundo o qual, as frequências decrescem com a diminuição da altitude e da latitude e o período de ocorrências vai de abril a outubro.

No estado de S. Paulo, a área de maior incidência é o sudoeste, com 10 dias de ocorrência média anual.

Ângelo Paes de Camargo escreveu em 1981 o artigo *O combate à geada em cafezais*, baseado, conjuntamente, em métodos indiretos ou preventivos preparados com antecedência de dias, meses ou anos e em métodos diretos executados na própria noite do fenômeno.

Marcelo Paes de Camargo, s/d escreveu *Geada em Trigo*, incluindo o Vale do Paranapanema e sudoeste do Estado de S. Paulo na região de ciclo outono-inverno, de acordo com o zoneamento da aptidão climática da triticultura, segundo a época do ciclo vegetativo.

Refere-se aos métodos de proteção à geada na região tritícola brasileira, de caráter preventivo e aos métodos de defesa direta.

Em 1981, é publicado o trabalho de Ortolani, Camargo e Angelocci, *Frequência de Geadas no Estado de S. Paulo*, cujo objetivo principal é o planejamento agrícola. Com base em dados de oito postos meteorológicos (Ataliba Leonel, Tatuí, Pindamonhangaba, Monte Alegre do Sul, Jaú, Pindorama, Mococa, Campinas), no período de 1962-80, relacionam o número mensal e total de ocorrências com a temperatura do ar igual ou inferior a 2°C referentes aos meses de maio a setembro. Distinguem três grupos quanto ao número de ocorrências. Ataliba Leonel (total de 63 gea-

das) e Tatuí (54) formam o 1.º grupo, provavelmente, pela localização quanto ao caminhamento das massas polares.

Pindamonhangaba (27) e Monte Alegre do Sul (17) apresentam números intermediários de ocorrências explicado pelas condições orográficas; e o 3.º grupo, constituído por Jaú (10), Pindorama (7), Mococa (6), Campinas (5), com pequena frequência de baixas temperaturas.

Em 1982, Laura Regina Bernardes apresentou como dissertação de mestrado na F.F.L.C.H. da USP o estudo sobre *Café e Geadas no Brasil*, levantando dados sobre a frequência, época de ocorrência, duração e extensão do fenômeno nos estados de S. Paulo e Paraná no período 1870-1975.

O principal objetivo deste trabalho foi o levantamento de ocorrência de geadas nas latitudes de S. Paulo e Paraná onde predominou a cultura cafeeira. Apresentou vários mapas dos estados de S. Paulo e Paraná, mostrando os deslocamentos sucessivos das principais regiões cafeeiras, ao longo do período 1870-75, através do mapeamento da ocorrência das principais geadas.

Selecionou três tipos de ocorrências de geadas: as que atingiram menos de 5 localidades, as que atingiram 5 ou mais localidades e as que atingiram maior número de localidades, sendo consideradas as "principais geadas".

Constatou que, no período de 1870-1975, ocorreram 62 geadas principais, sendo que 18 atingiram 20 ou mais localidades, ocasionando sérios danos à cultura do café. Cita as datas de ocorrência destas 18 principais geadas.

Quanto à variação sazonal do fenômeno, segundo a autora, as frequências de geada aumentam em maio, atingem o pico em julho e declinam, sensivelmente, a partir de agosto, constatando também que a época do ano de maior probabilidade de ocorrência foi o período de 15 de junho a 6 de agosto.

Em abril de 1983, o Suplemento Agrícola do jornal O Estado de S. Paulo divulgou o artigo *Cuidado: vem aí o tempo das geadas*. Este artigo refere-se ao documento "Alerta de Abril", divulgado pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, cujo objetivo era o de prever, nesse outono, a ocorrência de chuvas acima do normal nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do país e algumas geadas, com maior frequência e intensidade do que no ano de 82, atingindo, principalmente, o Oeste de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul e os pontos mais altos de S. Paulo.

O documento aconselhava aos agricultores iniciarem, desde então, os preparativos para minimizar os efeitos de possíveis geadas, divulgando os métodos diretos e indiretos de defesa de acordo com o agrônomo Ângelo Paes de Camargo, do IBC de Campinas. Recomendava o uso do método de nebulização, considerado o mais barato e eficiente.

A bibliografia produzida no exterior sobre o fenômeno da geada é, em geral, abundante, pois o fenômeno é típico das regiões extratropicais e se refere, principalmente, aos métodos de defesa.

Prevención de Heladas é um trabalho da Fuerza Aérea Argentina (1963). Refere-se ao Serviço de Proteção Contra Geadas e tem sua atividade mais importante na zona frutícola do Alto Vale do Rio Negro e Neuquén onde se desenvolve a produção de peras e maçãs que abrangeu quase 90% do total de fruta fresca exportada du-

rante o ano de 1977. O Serviço Meteorológico Nacional depende da Força Aérea Argentina que se dedica ao estudo intenso do processo meteorológico que origina o fenômeno e seu prognóstico.

Em 1968, Jean D'at de Saint-Foulc escreveu *El Riego por Aspersión* referindo-se, especialmente, aos métodos de defesa contra geadas (Barcelona, Espanha). Segundo o autor, El riego por Aspersión constitui um dos melhores métodos de defesa contra geadas de pequena amplitude (- 10 a 7°C) e de curta duração (algumas horas).

Vincent J. Valli, do Serviço Nacional de Meteorologia dos EUA, é autor do livro *Principios Básicos Relativos à Ocorrência de Geadas e sua Proteção* (1972), traduzido por José Carlos Junqueira Schmidt e publicado pelo Departamento Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

Analisa os termos "geada e congelamento" e, segundo Valli, os meteorologistas modernos preferem usar os termos "congelamento e prejuízos por congelamento" quando se referem a danos provocados às culturas por baixas temperaturas. Esses termos têm um sentido único com relação à queda da temperatura a 0°C ou abaixo, causando prejuízos. Refere-se aos tipos de congelamento - por advecção e radiação - e aos métodos de aquecimento e ventilação como os demais, econômicos, para a proteção das culturas agrícolas dos EUA contra os prejuízos causados por baixas temperaturas.

Walter Reuther, professor de Horticultura da Universidade da Califórnia publicou em 1973, *The Citrus Industry*, cujo volume III refere-se a - The Science and Technology of Frost Protection (chapter 10).

A indústria cítrica da Califórnia tem sido pioneira nas técnicas de proteção à geada, tendo recebido nas últimas décadas importantes contribuições do Texas e da Flórida.

O autor discute os termos frost e freeze, considerando a distinção, entre ambos, muito importante para os agricultores de cítricos, face às previsões do tempo frio.

De acordo com os estudos de Cooper e Peynado (1959) sobre a frequência dos danos provocados pela geada nos estados da Califórnia, Texas e Flórida, torna-se difícil fazer distinção entre frost e freeze. Faz referência aos métodos de defesa contra geada como aquecimento, ventilação e irrigação, mas nenhum deles se aplica às condições da cafeicultura brasileira, porque são muito caros, exigem técnica apurada e mostram-se inviáveis para a proteção de extensas áreas cafeeiras.

Climatologia y Fenologia Agrícolas, publicado em 1975, de autoria de Armando L. De Fina, professor de Climatologia y Fenologia Agrícolas, da Faculdade de Agronomía de la Plata e Andrés C. Ravelo, auxiliar docente em cátedra similar da Faculdade de Agronomía de Buenos Aires, referem-se ao Rocio y Heladas, no capítulo XVIII. Definem os tipos de geada branca e negra, como também as condições que as determinam. Apresentam um quadro dos danos provocados pelo frio, para algumas espécies de frutas, segundo o momento do ciclo vegetativo.

Explicam que, entre os avanços mais notáveis realizados, nos últimos anos, com respeito às causas que regulam a resistência das plantas ao frio, destaca-se a influência da duração do dia.

Segundo experiência, a espécie resiste mais ao frio quando está mais exposta a uma duração ótima do dia; sob a influência de dias mais longos ou mais curtos, a resistência ao frio decresce de forma notável. Reproduziram o mapa da República Argentina com período médio livre de geadas, publicado pelo Serviço Meteorológico Nacional, entre os anos de 1952-58.

Finalizando, destacam que naquele país não existe nenhuma região nitidamente livre de geadas inverniais, impossibilitando o cultivo de árvores muito sensíveis ao frio como seringueira e cacau.

Em 1976, Frances C. Parmenter publicou no Bulletin American Meteorological Society, *A Southern Hemisphere cold front passage at the equador*.

Um excepcional avanço da frente fria através do continente sul americano foi estudada por Parmenter entre 13 e 21 de julho de 1975.

Dados infraéreos (IR) do satélite SMS-1 forneceram excelentes oportunidades para estudar, diariamente, o comportamento da nebulosidade e do movimento do ar frio polar a leste dos Andes. O sistema frontal bem definido foi localizado na costa do Chile, alongando-se a leste na direção da Argentina.

Esse sistema frontal penetrou no Chile e Argentina, no dia 12 de julho, e, nove dias mais tarde, atravessou o equador. Fotos do satélite SMS-1 (dia 18 de julho de 1975, 11:30 GMT), mostram a aceleração na direção do equador da nebulosidade estratiforme diante da faixa frontal. Na manhã do dia 18 de julho, a frente fria alcançou latitudes equatoriais e no dia 19 de julho, o sistema frontal atravessou a costa Atlântica perto de 17° S e norte do equador, próximo de 60°W.

Temperaturas muito baixas foram registradas no sul do país, ocorrendo fortes geadas que ocasionaram sérios prejuízos às plantações de café do Paraná, S. Paulo e sul de Minas Gerais.

E. Linacre e J. Hobbs, autores do livro *The Australian Climate Environment* (1977), referem-se a Frost, Temperature and Agriculture nos capítulos III e XXIII.

Explicam os diferentes tipos de geadas, referindo-se também às diferenças entre as temperaturas de relva e de abrigo.

Apresentam uma tabela, citando várias localidades do país, relacionando suas altitudes com o número médio de geadas e afirmam que o fenômeno é mais comum nas altas elevações e nos locais distantes do mar (como exemplos: - Kiandra, altitude 1400 m e 226 geadas anuais; Camberra, altitude 580 m e 105 geadas anuais).

O mapa da Austrália com a duração do período de geada evidencia que as possibilidades de cultivo aumentam em direção ao norte do país. Este mapa mostra a duração, por ano, do período entre a primeira e a última geada de inverno que se verifica quando a temperatura de abrigo registra valores inferiores a 2°C.

Na Tasmânia e sudeste da Austrália ocorrem de 200 a 300 dias de geada anuais.

No centro-oeste da Austrália, 100 dias de geada por ano; e à medida que se caminha para o norte, diminui o número de ocorrências (50 dias anuais), deixando de existir o fenômeno no norte do país.

Nas áreas sujeitas à geada, o agricultor utiliza vários meios de proteção ao cultivo como aquecedores a óleo, uso de grandes ventoinhas, cercas de sebe para evitar

o fluxo de ar frio.

Michael G. Hamilton, do Departamento de Geografia da Universidade de Birmingham, Inglaterra e José Roberto Tarifa, do Departamento de Geografia da USP, publicaram em 1978 o artigo *Synoptic Aspects of a Polar Outbreak Leading to Frost in Tropical Brazil, July 1972*.

O trabalho mostra como a chegada de ar frio polar ao Brasil, próximo à latitude de 23° S, provocou o fenômeno, causando estragos às plantações de café na 2.ª semana de julho de 1972.

O fato foi investigado usando rádio sonda, rádio vento, dados de superfície e de satélite. Este estudo apresenta detalhes da estrutura aérea e do tempo de superfície de uma frente fria que produziu geada com danos.

Frost in the Tropics of Asia and Australasia é um estudo de Hans J. von Lengerke, publicado em 1982 no *Climatological Notes*, nº 29, University of Tsukuba, Japan.

Trata-se de estudo do episódio de uma noite de geada em baixas latitudes e altitudes, entre 60° e 160°. E de longitude, sua ocorrência espacial e temporal, suas causas e efeitos.

Von Wissman, baseado em dados colhidos por Schäedel, mapeou o absoluto e a média equatorial do limite da geada em uma ampla escala mundial, embora delineando os trópicos periféricos onde a geada ocorre somente em certas localidades ao lado de áreas livres de geadas.

Além disso, indicou para algumas montanhas equatoriais, o mais baixo "limite de geada": Dentro da área estudada ao redor do monte Kinabalu, no norte de Bornéu (4.101 m) e a cordilheira central de Nova Guiné, onde existem glaciares ao redor de Puncak Jaya, com 5.039 m. Isto representou o limite vertical da geada extrapolado por meio de uma temperatura média de (0,5°C p/ 100m) nas regiões sem estações meteorológicas. Não era, entretanto, o "atual" limite absoluto da geada, como era conhecido por von Wissmann, desviando, consideravelmente, do limite absoluto de geada teórico e aerológico.

De acordo com Lauer, ultimamente, excede 2.000 m de altitude entre 15° N e 15° S e atinge seu máximo entre 2.800 e 3.000 m no equador e nas áreas tropicais quentes, abaixo de 2.500 m.

Apesar do aumento de informações sobre a ocorrência de geadas nos trópicos durante as últimas três décadas, o conhecimento sobre esse fenômeno é ainda insatisfatório.

Uma razão é que a restrita ocorrência temporal e espacial de geada, dificilmente é registrada nos dados do arquivo do Serviço Meteorológico; suas estações são espaçadas ou limitadas para baixas altitudes e os instrumentos não estão instalados em locais bem expostos ao fenômeno.

De modo geral, qualquer estudo de geada, nos trópicos, depende de dados não oficiais e das possibilidades de indicadores visuais de geada. Isso ocorreu com Lengerke durante pesquisa de campo no sul da Índia, Sri Lanka, Malásia, Indonésia e Filipinas.

Este estudo apresenta um mapa de ocorrência de geada nos trópicos da Ásia e Australásia. Neste mapa, observa-se o limite entre trópicos e subtópicos estabe-

lecido por Troll (1964) e o limite absoluto de geada equatorial de acordo com Schadel (1949). Não há identidade entre as duas faixas limítrofes.

De acordo com os dados colhidos, o fenômeno ocorre dentro dos limites absolutos de geadas equatoriais, particularmente, para Australásia ($16^{\circ} 16' S$ para 210 m) e norte da Índia ($20^{\circ} 33' N$ para 437 m). Há ainda focos frio-tropical abaixo dos limites absolutos de geada teórica e aerológica (exemplo: Valparaí / sul da Índia $10^{\circ} 20' N$. a 1.070m - estragos de geada, nos campos de chá.

A severidade com que a geada ocorre em certas áreas de baixas latitudes e altitudes evidencia que não se deve considerar a geada como uma rara exceção, mas como um aspecto típico dos trópicos da Ásia e Australásia.

J. R. Oke s/d publicou *Boundary Layer Climates*. Define os tipos de geadas de radiação e advectiva e as medidas de defesa como controle da radiação, do calor do solo, calor latente, calor sensível e aquecimento direto.

Em março de 1982, o INPE editou o artigo *Precursors of two severe freezes in Brasil*, autoria de Michael A. Fortune e Vernon E. Kousky.

Neste relatório, Fortune e Kousky apresentaram análises detalhadas das condições sinóticas anteriores às geadas de 1979 e 1981, que tiveram repercussões no mercado mundial de café.

Devido às conseqüências que a geada tem nos preços mundiais do café, numerosos estudos focalizaram as condições sinóticas anteriores e contemporâneas à ocorrência do fenômeno: - Parmenter (1976), Tarifa et alii (1977), Tarifa e Hamilton (1978), IBC (1975).

A área analisada estendeu-se de $10^{\circ} N$ para $60^{\circ} S$ de latitude e de 20° para $140^{\circ} W$ de longitude nos oceanos Atlântico e Pacífico.

A geada de 1979 ocorreu durante o 2º período especial de observação do FGGE (Experimento Global do Tempo), contando com 50 aparelhos de observação de superfície empregados na área analisada. Esses aparelhos permitiram a reconstrução do campo de pressão ao nível do mar e serviram de referência para a elaboração de níveis mais altos.

O satélite TIROS N forneceu sondagens de temperatura; o satélite SMS - East enviou imagens infra-óreas via estação de recebimento de leitura direta do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Imagens do satélite DMSP da Força Aérea dos EUA suplementaram as fotos do SMS. O US National Earth Satellite Service foi utilizado no estudo de movimento de nuvens, para os níveis de cúmulos e cirros.

Também foram consultados Tropical Grid Analyses of the US National Meteorological Center (NMC), para valores de temperatura e ventos em todas as superfícies isobáricas padrões nas redes espaçadas a partir de 5° de latitude e 5° de longitude.

As análises das cartas sinóticas da geada de maio de 1979 permitiram que este acontecimento fosse dividido em 3 fases: fase prévia, frontogênese e invasão do ar frio.

A fase prévia ocorreu nos dias 26 e 27 de maio, precedendo a formação frontal na América do Sul e observando as condições do Pacífico, do oeste do Chile para $140^{\circ} W$. A fase de frontogênese ocorreu nos dias 28 e 29 de maio, com a formação de uma frente fria na Argentina e seu avanço através do Brasil.

A 3.^a fase é a de invasão do ar frio, com ocorrência de geada, no sul do Brasil.

No caso da geada de 1979, a ocorrência de frontogênese, em baixas latitudes, no meio do Pacífico, foi o primeiro sinal de ampliação da onda. Posterior frontogênese ocorreu no norte da Argentina, quando o cavado de onda longa alcançou o máximo de amplitude no sul do Brasil. Esta frontogênese foi acelerada pela entrada de um cavado de onda curta, no dia anterior.

Vigorosa entrada de ar polar empurrou a frente fria até o equador. Quando o cavado de onda longa deixou o Brasil, forte geada ocorreu em 4 estados, a leste do anticiclone polar.

No caso da geada de 1981, a onda longa foi ampliada como em 1979, mas a porção norte do cavado do Atlântico ficou interrompida ou isolada. Com a passagem do centro frio do turbilhão isolado pelo Brasil três dias mais tarde, temperaturas muito baixas ocorreram em grande faixa ao norte do trópico de Capricórnio, onde a geada é rara (norte de S. Paulo, Minas Gerais e sul de Mato Grosso do Sul).

Informações de múltiplas fontes foram estudadas e analisadas para prevenir sinais de uma geada e dois importantes precursores foram encontrados:

- a) onda longa no centro do Pacífico Sul, muito ampliada dois dias antes da frontogênese na América do Sul e quatro ou cinco dias antes da geada no Brasil.
- b) amplitude máxima da crista de onda longa localizada no sul dos Andes e o cavado descendente situado no Atlântico sul, na longitude do Brasil. Esta configuração canalizou ar subantártico para latitudes tropicais.

Vernon e Kousky concluíram que ampliações de sucessivos cavados e cristas, propagando velocidade de grupo de acordo com a teoria de ondas dispersivas de Rossby, foram fatores importantes na intensidade do desenvolvimento frontal no Pacífico Sul e na intensidade da chegada do ar frio no Brasil.

Até a data em que concluímos a redação desta resenha (1982), não chegou até nosso conhecimento a notícia de outros trabalhos que tenham sido publicados a respeito do fenômeno da geada em regiões tropicais.

Oferecemos nossa contribuição, apresentando, em 1984, um estudo sobre a ocorrência do fenômeno no Estado de S. Paulo, na forma de Dissertação de Mestrado defendida na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (Departamento de Geografia) da Universidade de S. Paulo e ainda não publicada.

BIBLIOGRAFIA

BERNARDES, L.R. **Café e geada no Brasil: Levantamento sistemático da ocorrência e variação espacial nos estados de S. Paulo e Paraná, no período de 1870-1975.**

Dissertação de Mestrado. Edição mimeografada da autora, USP, 1982, 125 p.
CAMARGO, A.P. A serragem salitrada no combate à geada. Instituto Agrônomo de Campinas, **Circular n.º 1**, Seção de Climatologia Agrícola, 1958, 4 p.

----- Instruções para o combate à geada em cafezais. Instituto Agrônomo de Campinas, **Boletim n.º 130**, Seção de Climatologia Agrícola, 1963, 18 p.

- Frequência das geadas excepcionais como as de Julho de 1975. **Seminário Internacional sobre Climatologia do Hemisfério Sul**, Instituto Agrônomo de Campinas, Setembro, 1977, 2 p.
- **O combate às geadas em cafezais**. — Instituto Agrônomo de Campinas. Seção de Climatologia Agrícola, IBC / GERCA 1981, 6 p.
- CAMARGO, M.P. **Geadas em trigo**. — Instituto Agrônomo de Campinas Seção de Climatologia Agrícola, s/d, 9 p.
- DE FINA, A. L. e RAVELO, A.C. **Climatologia y Fenologia Agrícolas**. Edit. Universit., Buenos Aires, Argentina, 1975.
- FALCÃO, M. Nebulização reduz efeitos da geada na cafeicultura. **Suplemento Agrícola do Jornal O Estado de S. Paulo**, 20/08/78.
- Inverno traz, de novo, o perigo da geada. **Jornal O Estado de S. Paulo**, 11/05/80.
- Condenada utilização da serragem clorada. **Jornal O Estado de S. Paulo**, 29/06/80.
- FERRAZ, E.C. **Estudos sobre o momento em que a geada danifica as folhas do cafeeiro**. Piracicaba, E.S.A.L.Q., USP, Tese de doutoramento.
- As geadas e as plantas tropicais. **Suplemento Cultural do jornal O Estado de S. Paulo**, n.º 144 / ano III, 05/08/69.
- FORTUNE, M.A. e KOUSKY, V.E. **Precursors of two severe freezes in Brazil**. CNPq, INPE, S.José dos Campos, 1982, 35 p.
- FUERZA AÉREA ARGENTINA. Prevención de Heladas. **Boletín Informativo**. Serviço Meteorológico Nacional, 1963, 7 p.
- GIRARDI, C. **Previsão de geadas baseadas em dados fotográficos emitidos por satélites meteorológicos**. Instituto de Atividades Espaciais, Centro Técnico Aeroespacial, Ministério da Aeronáutica, S.José dos Campos, 1975, 41 p.
- GUIMARÃES, M.M. O melhor método preventivo é ainda a escolha da terra — a influência da topografia. **Jornal Folha da Manhã**, 1953.
- HAMILTON, M.G. e TARIFA, J.R. Synoptic Aspects of a Polar Outbreak Leading to Frost in Tropical Brazil, July 1972. **Monthly Weather Review**. Department of Geography, University of Birmingham, England, 1978.
- JORNAL A PROVÍNCIA DE S.PAULO Efeito das geadas na agricultura. Maneira de as combater. **Seção Científica**, 07/03/1877.
- JORNAL O ESTADO DE S. PAULO Cuidado: vem aí o tempo das geadas. **Suplemento Agrícola**, 27/04/83.
- LENGERKE, H.J. Frost in the Tropics of Asia e Australasia. **Climatological Notes** n.º 29, University of Tsukuba, Japan, 1982.
- LINACRE, E. e HOBBS, J. **The Australian Climat Environment**. John Wiley & Sons Brisbane, New York, Chichester, Toronto, 1977.
- MATTOS FILHO, B. **A Geada e o Café**. S. Paulo Editora Limitada, SP, 1929.
- MIOQUE, J. Efeitos da geada. **Suplemento Agrícola do Jornal O Estado de S. Paulo**, 26/10/75.
- MONTEIRO, C.A.F. O Clima da Região Sul in **Grande Região Sul**, vol. IV, tomo I, IBGE, CNG, RJ, 1963, p. 117-169.

- **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil** (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil). USP, IG, 1969, 68 p.
- **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de S.Paulo — Estudo geográfico sob a forma de Atlas**. Rio Claro, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, 1973.
- MONTENEGRO, H.W.S. A geada e seus efeitos. **Suplemento Agrícola do Jornal O Estado de S.Paulo**, 28/12/55.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, RJ, 1979.
- NUNES, H.M.T. e SOBRAL, Z.R. Um estudo de perturbações extratropicais associadas à ocorrência de geada no sul do Brasil. **Seminário Internacional sobre Climatologia do Hemisfério Sul**, Instituto Agrônomo, Campinas, 1977.
- OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. London Methuen & Coltd, A Halsted Press Book, John Wiley & Sons, N. York, s/d.
- ORTOLANI, A.A. **Histórico dos estudos, observações e controle de geada no Brasil**. Seção de Climatologia, Instituto Agrônomo, Campinas, s/d, 10 p.
- ORTOLANI, A.A. et al. Frequência de geada no estado de S.Paulo. **Anais da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**. II Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Pelotas, RS, 1981.
- PARMENTER, F.C. A Southern Hemisphere Cold front passage at the equator. National Environmental Satellite Service, NOAA, **Bulletin American Meteorological Society**, vol. 57 (12): 1435-1440, December, 1976.
- REUTHER, W. **The Citrus Industry**, Production Technology. Revised Edition, University of California, Division of Agricultural Sciences USA, vol. III, 1973.
- SAINT-FOULC, J.D. **El Riego por Aspersión**. Editores técnicos asociados, S.A., Barcelona, España, 1968.
- SEIBERT, P. et al. Plano de manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão. **Boletim Técnico n.º 19**, Secretaria da Agricultura, Coord. Pesq. Rec. Naturais, 1975, 48 p.
- SERRA, A. Previsão de Geada. **Separata da Revista Brasileira de Geografia**, 19 (4): 421-444, CNG, 1957.
- TARIFA, J.R. et al. A gênese dos episódios meteorológicos de Julho de 1975 e a variação espacial dos danos causados pelas geadas à cafeicultura no Estado de S.Paulo. **Ciência e Cultura** 29 (12): 1362-1374, 1977.
- TITARELLI, A.H.V. A onda de frio de Abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro, **Climatologia** 4, Instituto de Geografia, USP, 1972, 15 p.
- TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia Descritiva, Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. Livraria Nobel S.A. SP, 1980.
- VALLI, V.J. **Princípios básicos relativos à ocorrência de geadas e sua prevenção**. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia, trad. portug. José Carlos Junqueira Schmidt, 1972, 22 p.
- VIEIRA, D.B. A geada, um grande problema da agricultura. **Suplemento Agrícola do Jornal O Estado de S.Paulo**, 05/09/79.
- VILLELA, R.J. Relation between antarctic ice, solar cycle, frosts and droughts in Brazil. **Seminário Internacional sobre Climatologia do Hemisfério Sul**, Instituto Agrônomo, Campinas, 1977.