

# Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento

*Eduardo Delgado Assad<sup>1</sup>*

*Fábio Ricardo Marin<sup>2</sup>*

*Hilton Silveira Pinto<sup>3</sup>*

*Jurandir Zullo Júnior<sup>4</sup>*

Resumo - A relação entre o clima e a produção agrícola tem sido alvo da pesquisa agrícola brasileira. Um conjunto de ferramentas é utilizado, por parte do Estado, para apoiar o governo brasileiro no planejamento e controle de concessão de crédito de custeio e na oferta do seguro agrícola. Busca-se racionalizar o uso dos recursos públicos e estimular a aplicação adequada da tecnologia, para redução dos riscos de perda e elevação da produtividade. Desde 1996, o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (Zarc) constitui a ferramenta oficial para a indicação das melhores regiões, cultivares, variedades e períodos de semeadura, com menores riscos e perdas, o que proporciona uma economia expressiva de recursos financeiros e elevação de produtividade e de lucro aos produtores. Com a ampliação do debate sobre mudança climática global, a base teórica que constitui o Zarc tem sido utilizada como suporte para a simulação de cenários agrícolas futuros, com base nas projeções feitas pelo IPCC e com o intuito de proporcionar meios para avaliação da vulnerabilidade agrícola do Brasil e das melhores estratégias de adaptação à mudança climática global. São feitas explanações sobre a base teórica do Zarc e traçadas perspectivas futuras em termos de pesquisa e desenvolvimento que envolvem este instrumento de política pública.

Palavras-chave: Mudança climática. Aptidão climática. Zoneamento climático. Agroclimatologia. Balanço hídrico.

## INTRODUÇÃO

A agricultura é um setor de importância fundamental para a economia brasileira. A partir da segunda metade do século passado, houve grandes transformações quanto ao avanço do conhecimento em agricultura tropical e à modernização das técnicas de cultivo. Ainda que alvo de controvérsias, atualmente com base em críticas sobre o modelo adotado pela chamada “revolução

verde”, este momento da agricultura brasileira – e mundial –, inquestionavelmente, resultou em aumento da produtividade e redução dos custos na atividade agrícola, o que permitiu elevar expressivamente a produção de alimentos. Entre 1950 e 1985, a produção de cereais passou de 700 milhões para 1,8 bilhão de toneladas, o que equivaleu a duplicar a produção e a elevar a disponibilidade de alimentos por habitante em cerca de 40%.

No Brasil, há 30 anos, os níveis de produtividade, que em muitas regiões não chegavam à metade do que se observa atualmente, aumentaram por causa do aprimoramento das técnicas de cultivo, do melhoramento genético e das práticas de manejo do solo.

Além desses, outro fator que pode ser listado como uma importante ferramenta para a redução das perdas e melhoria no aprimoramento da tomada de decisão no

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, Pós-Doc., Pesq. Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, CEP 13083-886 Campinas-SP. Correio eletrônico: assad@cnptia.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, CEP 13083-886 Campinas-SP. Correio eletrônico: marin@cnptia.embrapa.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pós-Doc., Pesq. UNICAMP-CEPAGRI, Caixa Postal 1170, CEP 13083-970 Campinas-SP. Correio eletrônico: hilton@cpa.unicamp.br

<sup>4</sup>Matemático, D.Sc., Pesq. UNICAMP-CEPAGRI, Caixa Postal 1170, CEP 13083-970 Campinas-SP. Correio eletrônico: jurandir@cpa.unicamp.br

setor agropecuário foi a aplicação no conhecimento em climatologia, modelagem e análise espacial, para a elaboração de zoneamentos agrícolas, permitindo definir as melhores épocas de semeadura para diferentes variedades e tipos de solo.

Este tipo de aplicação, além das consequências diretas de orientação ao produtor, teve também papel importante para o planejamento do setor agrícola brasileiro, permitindo aos órgãos da gestão pública antever os riscos da produção agropecuária e definir com mais clareza os custos do financiamento público da agricultura brasileira.

A questão dos riscos é especialmente importante, quando se trata de agricultura, pois a despeito do bom nível tecnológico, da grande capacidade de produção de alimentos e da importância do setor agrícola para a economia brasileira, dentre as atividades econômicas modernas, a atividade agropecuária é a que está sujeita aos maiores riscos de perdas e oscilações nos volumes produzidos, com impactos negativos para toda a sociedade.

Assim, a redução nos riscos da atividade agrícola é, sem dúvida, elemento que possibilita elevar a renda e melhorar as condições de vida do produtor rural, com aumento da produtividade, do nível de emprego e do volume de alimentos e matérias-primas produzidas. A produção com baixo risco de perda é, também, um instrumento de grande utilidade para o gestor público, na medida em que permite aprimorar o planejamento no médio e longo prazos, minimizar o custo para o financiamento do setor e reduzir os custos sociais, quando ocorrem fenômenos adversos intensos.

Apesar do risco de insucesso ser uma característica intrínseca do agronegócio, pode ser gerenciado e avaliado objetivamente. A produção agrícola pode variar intensamente de um ano para outro e entre regiões relativamente próximas, por fatores relacionados com a infestação de pragas e doenças, condições de mercado ou clima, causando grande variação temporal nos rendimentos obtidos pelos produtores e

nos preços praticados pelo mercado – um aspecto nem sempre desejável na maioria das atividades econômicas.

A incerteza na previsão da renda no futuro próximo complica o planejamento de curto e médio prazos, especialmente no que concerne à tomada de decisão quanto à expansão ou redução da produção, quanto ao investimento na aquisição de bens móveis e imóveis, quanto à permanência ou não em determinado ramo de atividade. Aplicando esta análise a uma escala macroeconômica, a redução expressiva da renda no curto prazo pode repercutir em todo um setor econômico, no que se conhece como choque sistêmico, podendo afetar a capacidade dos produtores de cumprir suas obrigações financeiras.

Neste trabalho, é descrita a metodologia utilizada no Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (Zarc) do Brasil, mantendo uma perspectiva histórica do processo, traçando o estado atual da ferramenta e apontando para as próximas etapas pelas quais a ferramenta deve passar no futuro.

## BASE TEÓRICA

Sabendo-se que a seca e a chuva excessivas são os principais eventos responsáveis pelas perdas na agricultura nacional (GÖEPFERT et al., 1993), foi realizado um estudo de caráter espaço-temporal, para a identificação das áreas de maior risco para a agricultura brasileira, dando origem ao que hoje se conhece como Zarc, programa transformado em política pública do governo federal e que indica para cada município o que plantar, onde plantar e quando plantar.

Para tanto, desenvolveu-se uma metodologia fundamentada em análises espaço-temporais dos dados climáticos e análises agrometeorológicas, pedológicas, estatísticas e agronômicas (ASSAD et al., 2007). Tais procedimentos são, predominantemente, multidisciplinares, com base em grandes esforços computacionais e de modelagem, associados ao inter-relacionamento de variáveis que definem o risco climático.

## METODOLOGIA PARA CULTURAS ANUAIS

A metodologia do zoneamento agrícola tem como base a integração de modelos de simulação de crescimento e desenvolvimento de culturas, bases de dados de clima e solo, técnicas de análise de decisão e ferramentas de geoprocessamento (CUNHA; ASSAD, 2001). Os calendários de plantio que compõem o zoneamento agrícola são revisados e atualizados, anualmente, com a inclusão de novas culturas e cultivares, aumento das bases de dados climáticos, uso de novas técnicas de interpolação. Há também condições de incorporar nos zoneamentos as previsões climáticas para a próxima safra, e adaptá-las o quanto possível às realidades daquele ano. A revisão e a atualização do zoneamento agrícola aumentam a precisão dos seus resultados e tornam-se cada vez mais úteis aos agricultores e aos órgãos de gestão agrícola.

O uso das culturas anuais no Brasil baseia-se no processamento de balanços hídricos sequenciais, calculados para períodos de 10 dias (decêndios), desde o plantio até a maturação da cultura. De maneira geral, o ciclo vegetativo das culturas de grãos é subdividido em quatro fases fenológicas:

- a) desenvolvimento inicial (Fase I);
- b) crescimento vegetativo (Fase II);
- c) florescimento e enchimento de grãos (Fase III);
- d) maturação (Fase IV).

A duração do ciclo fenológico pode ser estimada em função das exigências térmicas nos subperíodos “emergência florescimento” e “emergência início de maturação”, considerando-se uma temperatura base variável. O Quadro 1 apresenta exemplo de valores dos graus-dia e da temperatura basal utilizados para definir a duração das quatro fases fenológicas para três possíveis cultivares de milho.

A demanda de água pelas culturas e os períodos com deficiência ou excesso hídrico são determinados pelo coeficiente de cultura (Kc) apropriado, que possui

uma relação linear com os Índices de Área Foliar (IAF), conforme perfil padrão apresentado na Figura 1. Esse coeficiente é determinado experimentalmente, em cada região do Brasil, e pode ser estimado em função das latitudes, longitudes e altitudes dos locais, onde se pretende plantar e não existam resultados de experimentos.

Um modelo de balanço hídrico sequencial, apresentado por Forest (1984), testado por Assad (1986), modificado por Vaksman (1990), e validado por Affholder et al. (1997) tem sido utilizado para calcular o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (Isna), dado pela razão entre a eva-

potranspiração real e a evapotranspiração máxima da cultura, representando o grau de atendimento das necessidades hídricas da cultura em cada fase fenológica. Valores de Isna durante a fase crítica (Fase III – fase reprodutiva – florescimento e enchimento de grãos), para uma frequência mínima de 80% são espacializados, utilizando-se Sistema de Informações Geográficas (SIG), para determinar a viabilidade de determinado período de plantio. Essa qualificação é feita do seguinte modo: favorável, para valores de Isna iguais ou superiores a um valor de corte estabelecido, ou desfavorável, para valores de Isna inferiores ao valor

de corte. Para utilizar esse tipo de modelo devem ser consideradas apenas culturas sob regime de sequeiro, sendo utilizados três tipos de solos, conforme descrito em “Parametrização dos solos”, com base na textura de cada um. Os dados pluviométricos utilizados são os mesmos do zoneamento do café, ou seja, dados disponíveis no Brasil, com séries históricas maiores que 25 anos de dados diários.

A evapotranspiração potencial é calculada utilizando, por exemplo, o método proposto por Thornthwaite e Matter (1955). No caso do estado de São Paulo, utiliza-se a adaptação apresentada por Camargo e Camargo (1983), com base na temperatura média mensal, estimada a partir das equações apresentadas por Pinto et al. (1972), utilizando as coordenadas geográficas e altitude das estações pluviométricas.

Riscos de geada e insuficiência térmica também são incorporados ao estudo, permitindo quantificar e qualificar áreas e épocas adequadas à semeadura das culturas, quando necessário (normalmente na Região Sul, para as culturas de inverno, ou na Região Sudeste, para a safrinha).

QUADRO 1 - Parâmetros utilizados para definir a duração das fases fenológicas do milho para três tamanhos de ciclo diferentes

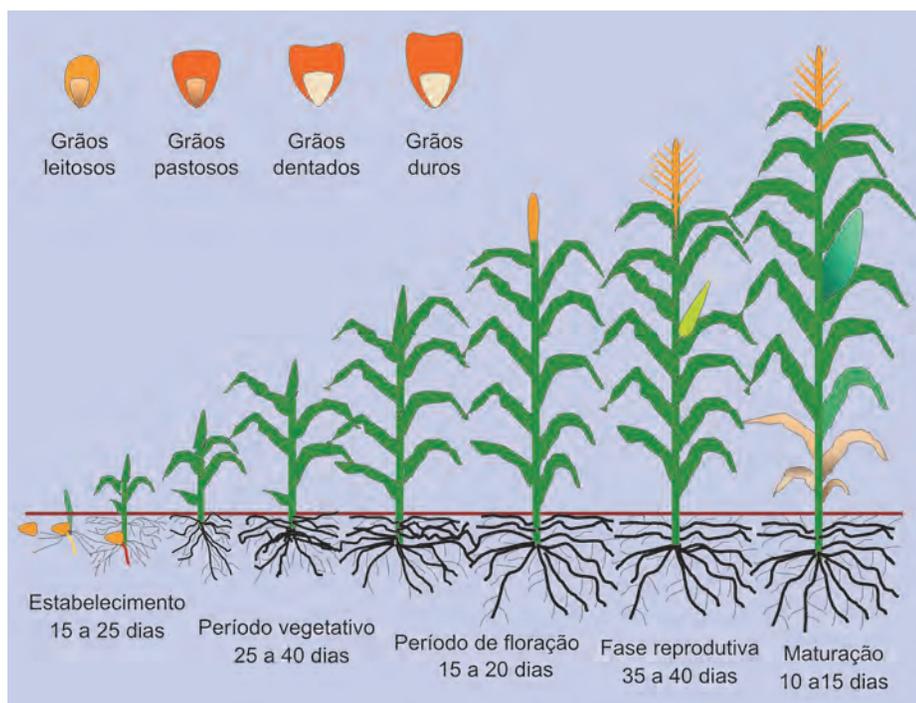
Ciclo	Graus-dia a partir da germinação	
	Até o florescimento (T <sub>BASAL</sub> = 8°C)	Até a maturação (T <sub>BASAL</sub> = 10°C)
I	862	1.237
II	820	1.190
III	780	1.075

FONTE: Brunini et al. (2001).

### PARAMETRIZAÇÃO DOS SOLOS

Outra questão de grande importância no processo de elaboração do Zarc é a definição de épocas de plantio mais apropriadas para diferentes culturas, a fim de diminuir os riscos climáticos no processo produtivo. Tendo em vista o caráter amplo e pragmático do Zarc, as informações necessárias dos solos são aquelas que permitem avaliar seu comportamento enquanto reservatório de água, com base nas características físico-hídricas dos solos (ASSAD et al., 2001, 2007).

Para efeito do zoneamento, os solos têm sido agrupados, geralmente, em solos de baixa capacidade de retenção de água (Tipo 1), de média capacidade de retenção de água (Tipo 2) e de alta capacidade de retenção de água (Tipo 3). Essas designações representam quantidades de armazenamento de água na zona de maior densidade das raízes.



Arquivo: Embrapa Milho e Sorgo

Figura 1 - Perfil típico utilizado para definir o coeficiente de cultura (Kc)

Inúmeros atributos interferem na capacidade de armazenamento de água dos solos, sendo possível fazer uma estimativa razoável a partir de dados de profundidade, teor de argila, areia e silte e de uma avaliação do gradiente textural. A profundidade do solo é um dado que consta de qualquer tipo de mapeamento de solos, desde aqueles elaborados a partir de levantamentos de pequena escala, até os levantamentos feitos na propriedade. Além disso, pode ser facilmente medida no campo pelo produtor rural, extensionistas e técnicos de diferentes formações. O gradiente é avaliado a partir da relação entre os teores de argila de dois horizontes ou camadas consecutivas de solos.

A legislação ambiental deve ser rigorosamente respeitada no zoneamento agrícola e isso implica na exclusão de indicação para qualquer sistema de produção das áreas de preservação obrigatória, áreas ribeirinhas e áreas de declividade superior a 45%. Por outro lado, as áreas de solos pedregosos, em declives superiores a 20%, e áreas de solos com menos de 50 cm de profundidade também não devem ser utilizadas, pois representam sistemas de grande suscetibilidade à erosão.

Também os parâmetros de fertilidade não são considerados no zoneamento agrícola pelos seguintes motivos principais:

- a) a fertilidade do solo pode ser modificada utilizando-se, corretamente, adubos e corretivos;
- b) a influência de alguns atributos de fertilidade, como a capacidade de troca catiônica (CTC) e o teor de matéria orgânica, na capacidade de armazenamento de água no solo é ainda pouco evidente nos modelos de predição da retenção de água no solo e, aparentemente, exerce influência muito menor do que os parâmetros de textura e de gradiente textural.

As seguintes categorias de solos são utilizadas na avaliação do risco climático das culturas de grãos, considerando que

a estimativa da capacidade de armazenamento de água do solo depende da sua profundidade e da sua capacidade de reter água:

- a) solos Tipo 0: englobam solos com capacidade de armazenamento de água menor que 0,4mm/cm;
- b) solos Tipo 1: englobam solos com teor de argila superior a 10% e inferior a 15%, nos primeiros 50 cm de solo; e com teor de argila entre 15% e 35% e com teores de areia inferiores a 70%, que apresentam variação abrupta de textura nos primeiros 50 cm de solo, ou seja, que um horizonte ou uma camada de solo tenha 15% ou mais de argila, em valor absoluto, do que o outro nos 50 primeiros centímetros;
- c) solos Tipo 2: englobam solos com teor de argila entre 15% e 35% e com teores de areia inferiores a 70% nos primeiros 50 cm de solo;
- d) solos Tipo 3: englobam solos com teor de argila maior que 35% nos primeiros 50 cm de solo, e com menos de 35% de argila e menos de 15% de areia (textura siltosa), nos primeiros 50 cm de solo.

Estas classes de solos foram definidas considerando, também, a necessidade de padronização de critérios por meio de atributos de fácil utilização pelos diferentes tipos de usuários das informações contidas no Zarc. Dessa sistematização do enfoque pedológico, pode-se inferir que as plantas não são penalizadas por veranicos de até dez dias, quando cultivadas em solos do Tipo 3, veranicos de até sete dias, em solos do Tipo 2, veranicos de até quatro dias, para solos do Tipo 1, e veranicos de até três dias, no caso de solos do Tipo 0.

### **ALGUNS RESULTADOS PARA CULTURAS ANUAIS**

A Figura 2 apresenta um fluxograma simplificado da metodologia utilizada para culturas anuais e as Figuras 3, 4 e 5

apresentam os resultados do Zarc para cultivares precoces de soja no estado de Minas Gerais, para plantios no primeiro decêndio de outubro, novembro e dezembro, respectivamente, em solo arenoso. Observa-se aumento substancial no tamanho das áreas aptas (em verde) para plantios em novembro, em comparação com os resultados para os meses de outubro e dezembro.

### **METODOLOGIA DE RISCO CLIMÁTICO PARA CULTURAS PERENES**

Como exemplo de zoneamento para culturas anuais, tem-se o café Arábica como umas das primeiras culturas perenes a ser considerada no Zarc. Foram estabelecidos, inicialmente, critérios para estudos dos riscos climáticos para os principais Estados produtores: Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Paraná. Porém, em função da sua importância e da forte possibilidade de expansão da lavoura cafeeira, os estudos foram realizados, também, para os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

As áreas aptas ao cafeeiro Arábica, segundo as necessidades climáticas apresentadas por Camargo et al. (1977), Instituto Agrônomo de Campinas (1972) e Instituto Brasileiro do Café (1977, 1986), são aquelas em que:

- a) a temperatura média anual está entre 18°C e 22°C;
- b) a deficiência hídrica anual está entre 0 mm e 100 mm;
- c) a probabilidade de geadas é menor ou igual a 25%.

Áreas em que, dos itens citados, apenas a probabilidade de geadas é superior a 25%, são consideradas aptas com restrição às geadas. Áreas em que a temperatura média anual fica entre 22°C e 23°C, mas atendem aos dois outros itens, são consideradas aptas com restrição térmica. Naquelas em que a deficiência hídrica fica entre 100 mm e 150 mm e a temperatura

média anual está entre 22°C e 23°C são consideradas aptas com restrições hídrica e térmica, recomendando-se a irrigação. Com base nestes parâmetros, Pinto et al. (2001), Caramori et al. (2001), Sedyiama et al. (2001) e Assad et al. (2001) definiram as áreas aptas para a cultura do café Arábica nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Goiás, conforme esquematizado na Figura 6. A metodologia tem como base

o cruzamento de três planos principais de informações – deficiência hídrica anual, risco de ocorrência de geadas e temperatura média anual – definidos a partir da combinação de dados de campo com modelos numéricos.

A deficiência hídrica anual é obtida a partir da simulação de balanços hídricos climáticos, onde os dados de temperatura média mensal são estimados a partir das

equações de estimativa de temperatura, definidas em todos os Estados do Brasil. Os valores da precipitação média mensal são calculados a partir da série de dados pluviométricos disponíveis em Agritempo (2008a) (Fig. 7).

Para Minas Gerais, os valores da temperatura média mensal e anual foram calculados a partir da aplicação das equações propostas por Pinto et al. (1972), à base altimétrica do United States Geological Survey (2008), que corresponde a uma grade altimétrica uniforme de 30" x 30" de grau ou 800 x 800 m de distância. É importante salientar que essas equações existem e estão publicadas em periódicos específicos da área de climatologia, para cada Estado brasileiro. A probabilidade de geadas foi estimada a partir do modelo proposto por Camargo et al. (1993), considerando-se que o início de danos às folhas do cafeeiro ocorre, quando as temperaturas no abrigo meteorológico ficam abaixo de 1°C (PINTO et al., 1977, 1983).

A Figura 8 apresenta o zoneamento climático atual para a cafeicultura no estado de Minas Gerais, para sistemas irrigados e sem irrigação, indicando o bom potencial climático do Estado para o cultivo do cafeeiro, especialmente nas Regiões Sul, Centro-Oeste e Oeste do Estado. É importante salientar que a base desse zoneamento foi definida pelos trabalhos de Sedyiama et al. (2001) desenvolvidos na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A organização de um robusto e extenso banco de dados climáticos, a criação de mecanismos para sua rápida manipulação para simulações agrometeorológicas e a estruturação de um SIG, que permita a representação espacial dos riscos para a agricultura brasileira, constituíram também a base para estudos mais avançados e recentes, em resposta às novas demandas feitas à pesquisa agropecuária brasileira. Todas as informações do zoneamento agrícola bem como seus resultados para cada estado do Brasil, estão disponíveis em Agritempo (2008a).

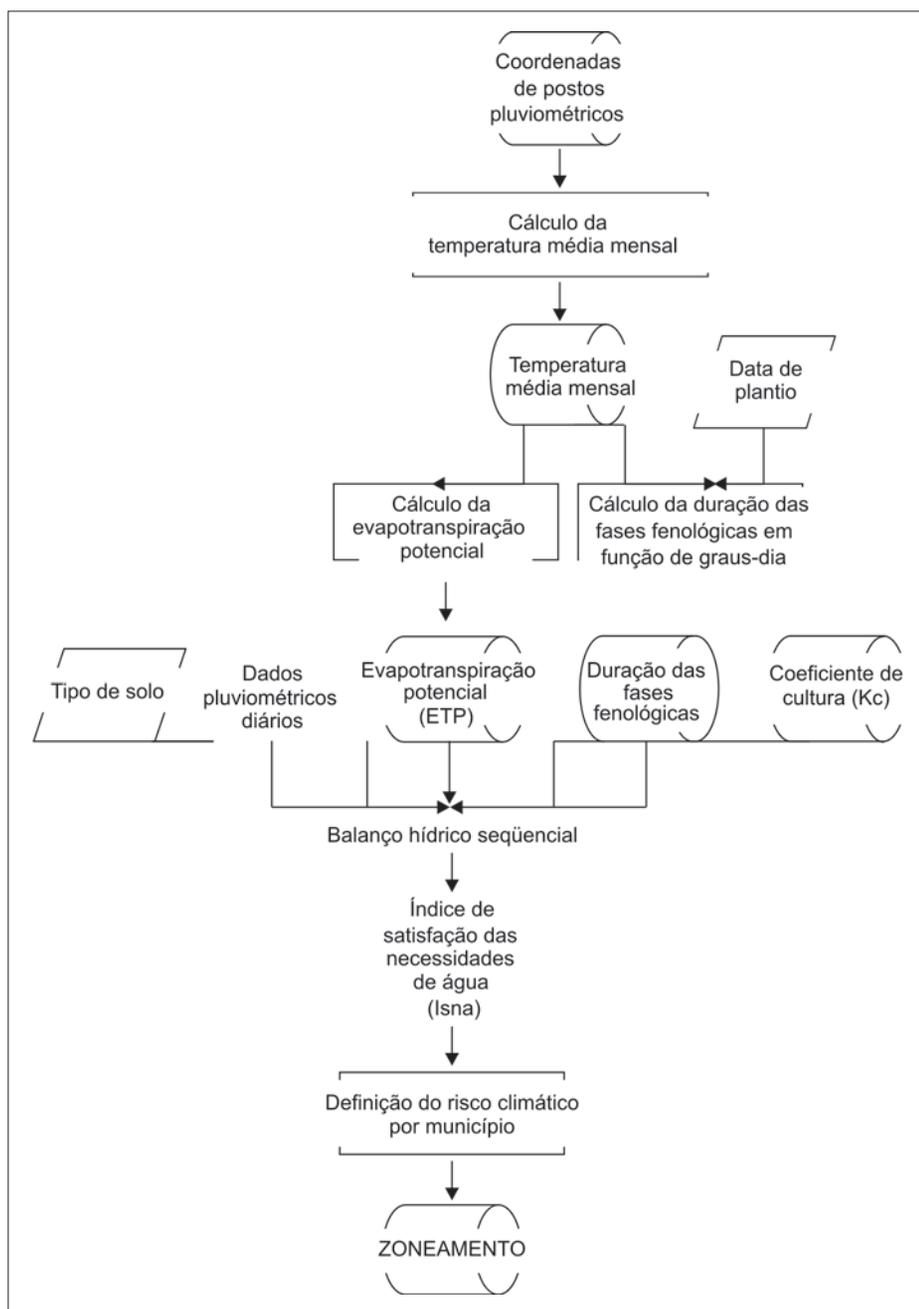


Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada no zoneamento de riscos climáticos de cultura anual

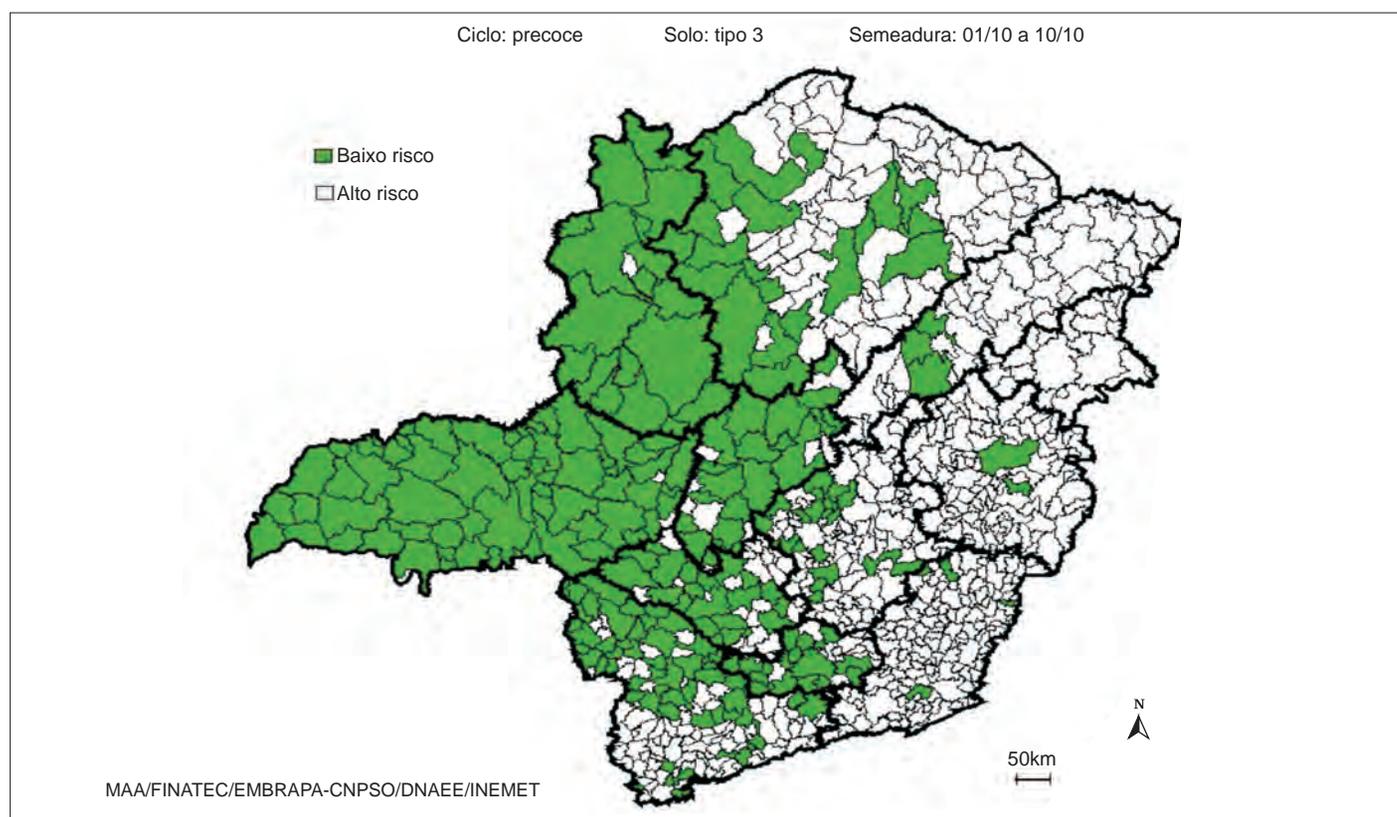


Figura 3 - Zoneamento de Riscos Climáticos (Zarc) da cultura da soja no estado de Minas Gerais, para plantios de cultivares precoces, no primeiro decêndio de outubro, em solo arenoso

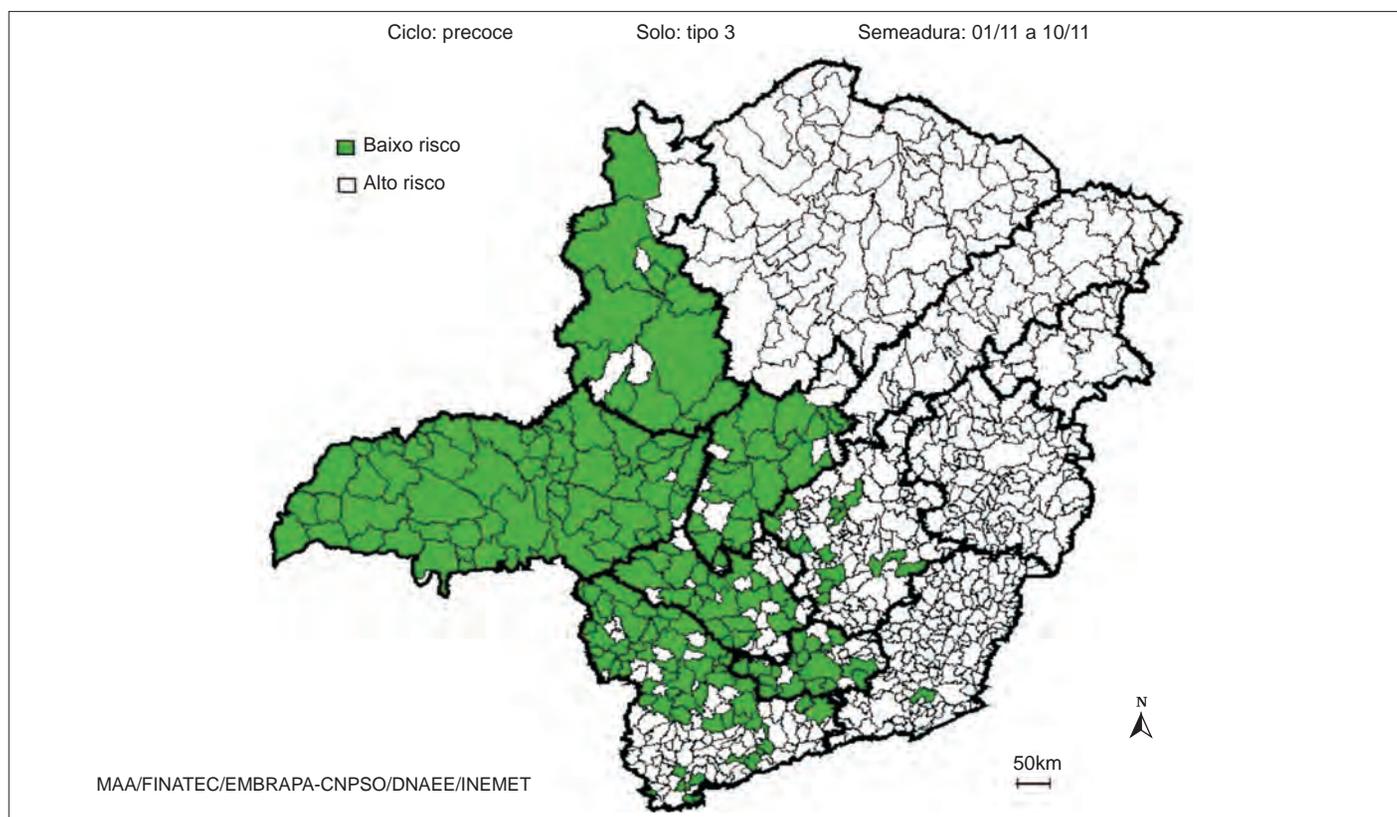


Figura 4 - Zoneamento de Riscos Climáticos (Zarc) da cultura da soja no estado de Minas Gerais, para plantios de cultivares precoces, no primeiro decêndio de novembro, em solo arenoso

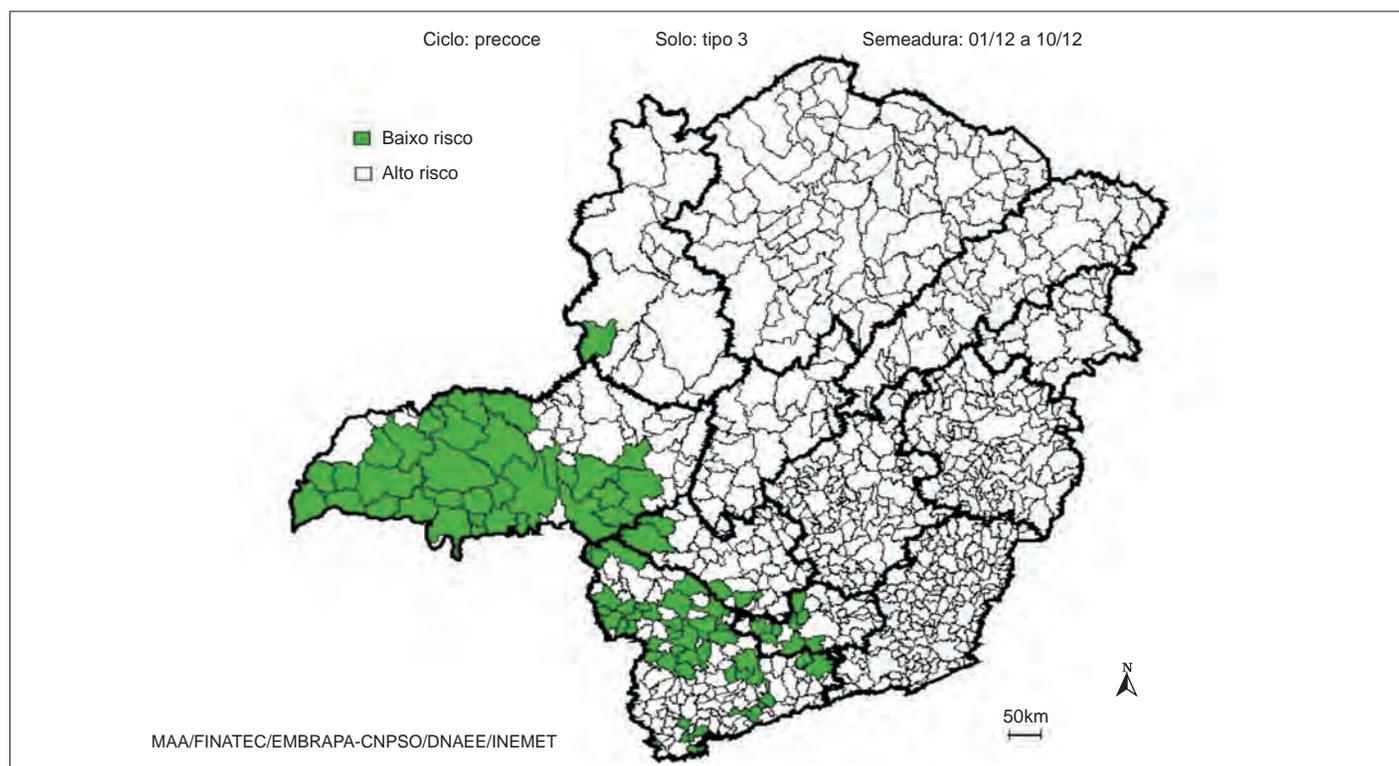


Figura 5 - Zoneamento de Riscos Climáticos (Zarc) da cultura da soja no estado de Minas Gerais, para plantios de cultivares precoces, no primeiro decêndio de dezembro, em solo arenoso

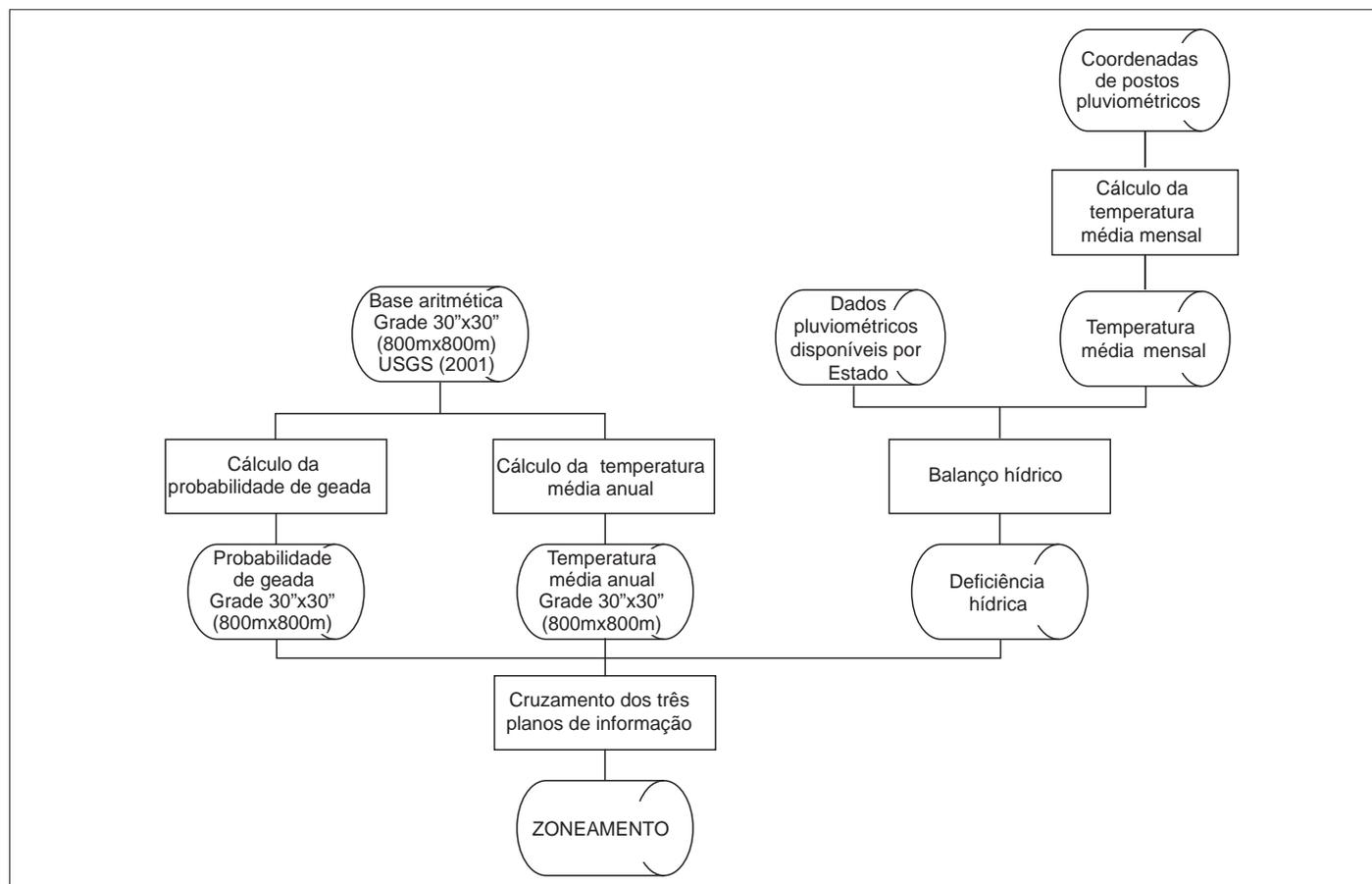


Figura 6 - Fluxograma da metodologia utilizada no Zoneamento de Riscos Climáticos (Zarc) da cafeicultura



Figura 7 - Distribuição espacial da rede de estações pluviométricas utilizada no Zoneamento Agrícola do Brasil  
 FONTE: Agritempo (2008a).

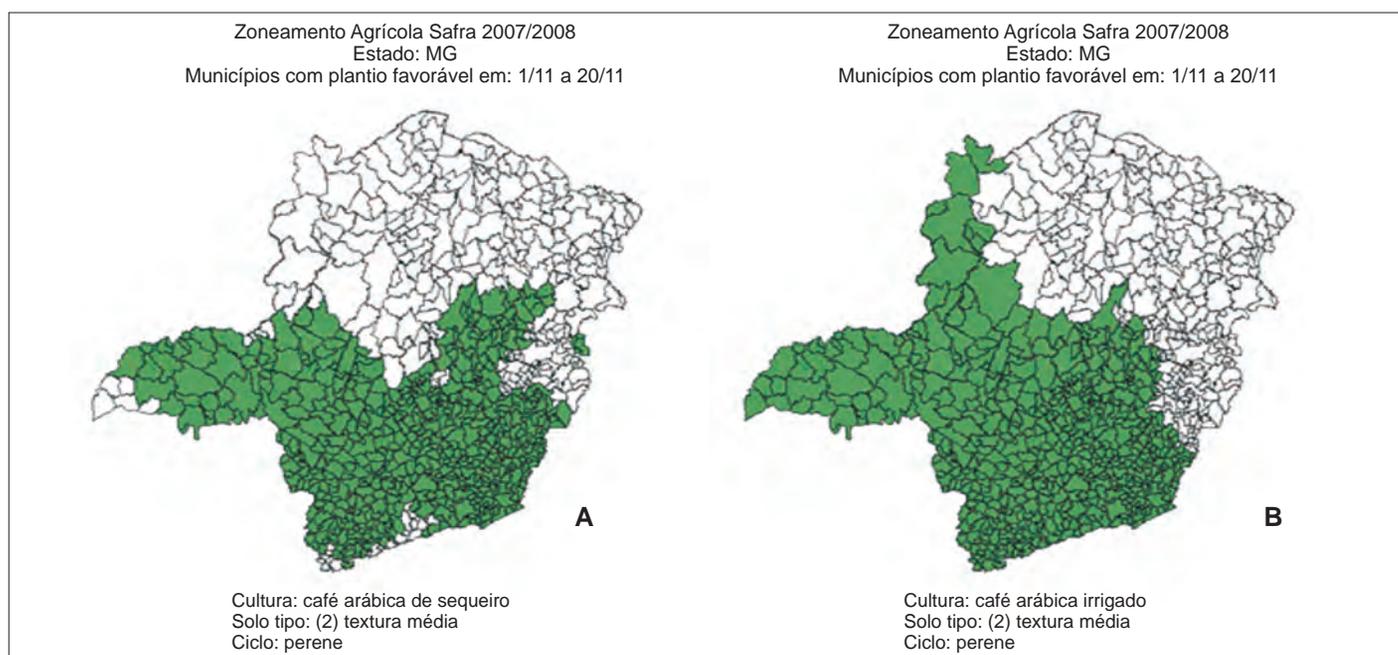


Figura 8 - Zoneamento Climático para a cafeicultura no estado de Minas Gerais  
 FONTE: Agritempo (2008b).  
 NOTA: A – Sem irrigação; B – Com irrigação.

## PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

É importante retomar o contexto atual do Zarc como instrumento de gestão e orientação da concessão de crédito de custeio e seguro agrícola no Brasil. As Resoluções 2.403, de 25 de junho de 1997 e 2.427 de, 1º de outubro de 1997, do Banco Central do Brasil foram as primeiras a dispor sobre a obrigatoriedade do zoneamento agrícola em todo o território nacional para acesso ao crédito rural e adesão ao Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), com tarifas diferenciadas. Atualmente, há mais de 20 resoluções que tratam desse tema, dado que a vinculação da concessão de crédito ao Zarc tem sido responsável por expressiva redução nas solicitações de cobertura por eventos meteorológicos sinistrantes, inibição das solicitações fraudulentas e redução na necessidade de aporte de recursos. Em meados da década de 1990, as culturas-alvo dos primeiros estudos para regionalização dos riscos climáticos foram arroz, feijão, milho, trigo, soja, algodão e maçã. No início desta atual década, foram disponibilizados ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) protocolos que permitiram a atualização das técnicas para culturas já contempladas no zoneamento e a regionalização dos riscos para culturas que estavam fora no programa, como as fruteiras tropicais, fruteiras temperadas e as essências florestais, além do estudo que envolve sistemas de produção diferenciados e relativamente recentes, como o sistema de Plantio Direto na palha e os cultivos em épocas secundárias – as chamadas safrinhas.

Atualmente, o foco da pesquisa relacionada com o Zarc é a ampliação do número de culturas com metodologia desenvolvida e testada, facultando a uma ampla gama de produtores o acesso ao financiamento público da agricultura com orientação técnica segura e com baixo risco de perda. Nesse sentido, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Ministério do Desenvolvimento Agrário vêm financiando o projeto “Zoneamento de Riscos

Climáticos: Abordagem para Agricultura Familiar, Bioenergia e Pastagens”, que tem por objetivo viabilizar soluções tecnológicas para atender aos diversos fatores do setor agrícola brasileiro, com foco para pequenos agricultores de todo o País, nos sistemas Integração Lavoura-Pecuária (ILP), e nas culturas destinadas à produção de energia. Existem atualmente no Brasil, próximo de 1,5 milhão de agricultores familiares. A restrição de adesão ao Proagro é grande por parte desses agricultores, uma vez que os zoneamentos existentes, na sua grande maioria, não contemplam as culturas consorciadas e culturas individuais além das chamadas *commodities* agrícolas, dificultando a diversificação das atividades na propriedade rural. Com a definição dos métodos de estimativa de riscos climáticos para essas culturas, será possível ampliar significativamente o acesso ao crédito oficial, com maior oferta de opções de cultivo com baixo risco para a atividade agrícola. Para as culturas destinadas à produção de energia, que atualmente apenas algumas são contempladas pelo Zarc, a definição dos estudos por um lado permite o alinhamento com os instrumentos de crédito oficial e, por outro, faculta aumentar as opções de cultivo com forte absorção de mão-de-obra. Havendo disponibilidade de estudos e informações para zoneamento dos sistemas de ILP, o acesso ao crédito de custeio será facilitado para o cultivo de grãos em rotação com pastagens, com expressivos impactos ambientais e econômicos. É possível prever que essa integração tenha grandes efeitos positivos para a melhora da ciclagem de nutrientes, redução da erosão, aumento da qualidade do pasto e da sua capacidade de suporte (podendo chegar a 2 UA/ha/ano).

## IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ZONEAMENTO AGRÍCOLA

Um outro ponto de interesse com relação estreita ao Zarc é o que trata das mudanças climáticas globais. Sem dúvida, essa questão que ganhou força no início desta década foi o tema das mudanças cli-

máticas globais e foi reforçada pelo quarto relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), quando foi apresentada à comunidade científica uma forte possibilidade de elevação na temperatura da Terra, possivelmente, com graves conseqüências para a humanidade.

Este relatório teve como base uma série de estudos indicando que a temperatura média do planeta à superfície vem aumentando nos últimos 120 anos, já tendo atingido 0,6°C a 0,7°C, tendo a maior parte deste aquecimento ocorrido nos últimos 50 anos. A última década apresentou os três anos mais quentes dos últimos mil anos da história recente da Terra. Hoje, existe um crescente consenso na comunidade científica de que o aquecimento global observado nos últimos 120 anos é provavelmente explicado pelas emissões antropogênicas dos Gases de Efeito Estufa (GEEs), principalmente o dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, CFCs e de aerossóis, e não por eventual variabilidade natural do clima.

A possibilidade de mudanças globais no clima torna-se mais realística ao se lembrar que a maioria dos GEEs tem longa vida (décadas a séculos) na atmosfera até serem removidos. Cálculos recentes com sofisticados modelos climáticos globais mostraram que, mesmo que as concentrações destes gases na atmosfera fossem mantidas constantes nos valores atuais, as temperaturas continuariam a subir por mais de 200 anos e o nível do mar, por mais de um milênio.

Após a análise do último relatório do IPCC (2007), as conclusões são de que o aquecimento é inequívoco e que suas principais conseqüências são que desde 1970 houve um acréscimo na temperatura global da terra, na temperatura da troposfera, temperatura dos oceanos, aumento no nível global dos oceanos, aumento no vapor d'água da atmosfera, na intensidade das chuvas, nas temperaturas mínimas, na intensidade e quantidade de furacões. Do mesmo modo houve uma redução na extensão de neve no Hemisfério Norte, na glaciação e no gelo no Ártico.

Quando se analisam os possíveis impactos das mudanças climáticas, as avaliações do IPCC (2001, 2007) indicam sem sombra de dúvida que os países em desenvolvimento são de modo geral os mais vulneráveis. Para o Brasil, não é difícil entender o porquê desta vulnerabilidade: encontram-se abundantes exemplos de impactos adversos da variabilidade natural do clima, como as secas e estiagens, as cheias e inundações e os deslizamentos de encostas, somente para citar alguns. Decorre daí que, quanto maior tenha sido a dificuldade histórica de uma sociedade em conviver com a variabilidade natural do clima e com seus extremos, maior será o esforço para se adaptar às mudanças futuras do clima.

Em particular, o dois setores podem ser particularmente vulneráveis: os ecossistemas naturais e os agroecossistemas. Para este último uma pergunta capital é o que aconteceria com o atual zoneamento agrícola e conseqüentemente com a agricultura, havendo aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e elevação da temperatura, conforme as indicações do IPCC para os próximos 100 anos?

Num primeiro momento, o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> não resulta em ganhos de produtividade, pois nem sempre o aumento na produção depende da fotossíntese, mas sim da capacidade de drenagem de fotoassimilados pelos grãos (FUHRER, 2003). De acordo com a revisão feita por Kimball et al. (2002), o enriquecimento da atmosfera com CO<sub>2</sub> estimularia a produção de biomassa em gramíneas C3 \*\* em cerca de 12%, na produção de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) e do arroz (*Oryza sativa* L.) entre 10%-15% e, em batata (*Solanum tuberosum* L.), o ganho de produtividade pode chegar a 28%. Segundo Amthor (2001), em trigo, a elevação na concentração de CO<sub>2</sub> parece, em boa medida, compensar os efeitos de falta de água moderada para a cultura.

Num segundo momento, ocorre o efeito da elevação da temperatura do ar sobre as

culturas. Nesse sentido, Assad e Luchiarini Junior (1989) utilizaram um modelo fisiológico simplificado para avaliar o efeito da variação de temperatura nas condições do Cerrado brasileiro. Por exemplo, a temperatura média durante a estação chuvosa nessa região (outubro a abril) é de 22°C, tendo um máximo de 26,7°C e um mínimo de 17,6°C. Considerando uma variação térmica regional foram simulados dois cenários:

- a) aumento de 5°C na temperatura média. Nesse caso, para as plantas C4 (milho e sorgo) haveria um incremento potencial de pelo menos 10 kg/ha/dia de grãos secos na produtividade média observada hoje. Para as plantas tipo C3 (soja, feijão, trigo), esse aumento seria menor, da ordem de 2 a 3 kg/ha/dia de grãos secos;
- b) redução média de 5°C. A perda de produtividade nas plantas tipo C4\*\* seria da ordem de 20 kg/ha/dia e nas plantas tipo C3, da ordem de 10 kg/ha/dia.

Neste tipo de abordagem, a tendência geral é que a elevação na concentração de CO<sub>2</sub>, até níveis não superiores a 1.000 ppm, provocaria um aumento de temperatura de até 5°C na atmosfera e o resultado seria um aumento de produtividade nas plantas C4 na ordem de 20%, e nas plantas C3, na faixa de 10%.

Posteriormente, alguns modelos mais precisos foram desenvolvidos como é o caso do Ceres-Wheat versão 2.10 (GODWIN et al., 1989), Ceres Maize (JONES; KINIRY, 1989) e Soygro-Soybean (JONES et al., 1988). Esses modelos foram utilizados pelo International Benchmark Sites Network for Agrotechnology (Ibsnat) (JONES et al., 1989) e permitiram considerar, de forma integrada, fatores do solo, da planta e do clima para verificar as variações de produtividade em diversas condições ambientais. No modelo desenvolvido pelo Ibsnat existe uma opção de simular os efeitos

fisiológicos provocados pela variação na concentração de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

Modelos como esses são testados em diversas regiões do Globo e têm servido de orientação para suporte à decisão na agricultura. No Brasil, Siqueira et al. (1994), ao utilizarem esses modelos e trabalhando com vários cenários diferentes, em 13 locais, desde baixas latitudes, como Manaus, até latitudes altas, como Pelotas, encontraram respostas bem próximas e mais exatas do que aquelas propostas por Assad e Luchiarini (1989). Trabalhando com os modelos de equilíbrio atmosférico, Siqueira et al. (1994) mostraram que todas as simulações projetavam aumento na temperatura, algumas mudanças de precipitação e efeitos menores na radiação solar. Em decorrência da elevação de temperatura, os ciclos fenológicos do milho e do trigo encurtaram e houve aumentos nas produtividades de milho, soja e trigo, quando ocorreram aumentos nas concentrações de CO<sub>2</sub> que passaram dos atuais 330 ppm para 550 ppm. Em alguns casos foram projetados ganhos superiores a 500 kg/ha, para o milho e trigo, e mais de 1.000 kg/ha, para a soja.

É importante destacar que, mesmo havendo tendência de aumento da produtividade, conforme aumenta a concentração de CO<sub>2</sub>, como será o comportamento dessas plantas com relação ao fator hídrico, uma vez que o aumento de temperatura provocará também aumento na eficiência fotossintética com reflexos no consumo de água e maior vulnerabilidade aos estresses hídricos, comuns em regiões tropicais, durante o período das chuvas.

O aquecimento do ar também eleva as taxas evapotranspirativas e promove maior consumo de água por parte das plantas e, portanto, esvaziamento do reservatório "solo" mais rapidamente e, em conseqüência, aumento do risco. A segunda conseqüência seria a redução do ciclo das culturas, principalmente nas plantas C4, tornando-as mais eficientes em termos de assimilação e transformação energética, porém mais sensíveis à deficiência hídrica.

Elaborando-se uma análise similar para a cultura do feijão em Minas Gerais (Fig. 9), pode-se estimar uma redução na área apta para o cultivo do feijão em mais de 90% em relação às condições atuais, com redução de cerca de R\$ 360 milhões nas receitas oriundas da atividade para o Estado, considerando-se apenas o setor agrícola e desconsiderando seus reflexos nos demais setores da cadeia produtiva, caso a temperatura saia do seu patamar atual para mais 5,8°C, conforme a projeção do IPCC (2001).

Numa análise mais ampla, pode-se inferir que a cultura da soja poderia ter cerca de 40% de redução nas áreas aptas para seu cultivo no Brasil, caso a temperatura do ar fosse elevada em 3°C (Fig. 10). Mantido o calendário agrícola atual, a Região Sul do Brasil sofreria o maior impacto, com forte redução de produção. Por outro lado, havendo aumento da temperatura, o calendário de plantio nas altas latitudes

tenderá a deslocar-se, sendo possível o plantio de soja e milho até o final do mês de janeiro, com colheita em junho. No caso das regiões com baixas latitudes, haverá redução de área, sem opções de deslocamento de calendário. A mesma análise para os três cenários é feita para várias culturas, indicando redução na produção e na área plantada.

Essas projeções são feitas a partir de simulações de riscos climáticos de longo prazo, levando em conta os principais efeitos com possibilidade de mensuração e com reflexos na agricultura, ou seja, aumento da temperatura, com observações mais frequentes de dias quentes e ondas de calor; aumento na temperatura mínima, e observação de eventos de precipitação mais intensos.

No caso do café Arábica, são considerados os riscos de geadas, de abortamento de flores sob temperatura maior que 34°C e de deficiência hídrica. O aumento na

temperatura reduziria o risco de geadas, mas aumentaria os riscos de abortamento de flores. Na área dos Cerrados brasileiros, duas regiões podem ser fortemente atingidas no caso do aumento de 1°C na temperatura, isto é, todo o estado de Goiás e a região do oeste da Bahia. Quanto maior a temperatura, maior será o deslocamento da cultura do café em direção ao sul do País (ASSAD et al., 2004). Essas mesmas considerações são válidas para a cultura de citros. Considerando os resultados do primeiro cenário, com aumento de 1,0°C e a redução das áreas cultivadas com café nos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, o impacto econômico previsto é estimado em US\$ 375 milhões por ano, equivalentes à redução de 4 milhões de saca de café/ano.

A análise dos cenários é feita com intenção de identificar a vulnerabilidade multidimensional do sistema agrícola brasileiro e sua fragilidade diante das mudan-

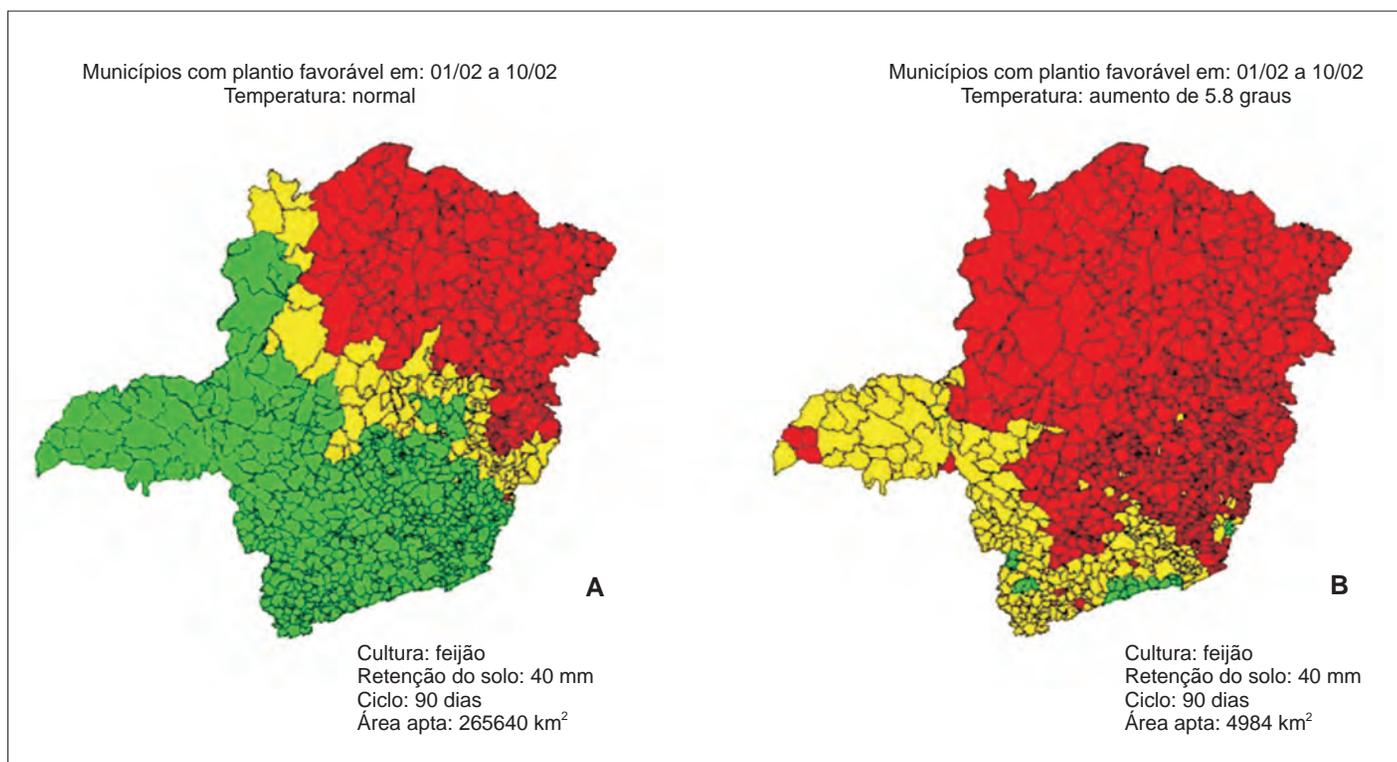


Figura 9 - Zoneamento da cultura do feijão para Minas Gerais

FONTE: Martins e Assad (2007).

NOTA: A - Nas condições atuais de temperatura; B - Com acréscimo de 5,8°C.

As áreas de baixo risco aparecem em cor verde, as de alto risco em vermelho e as intermediárias em amarelo.

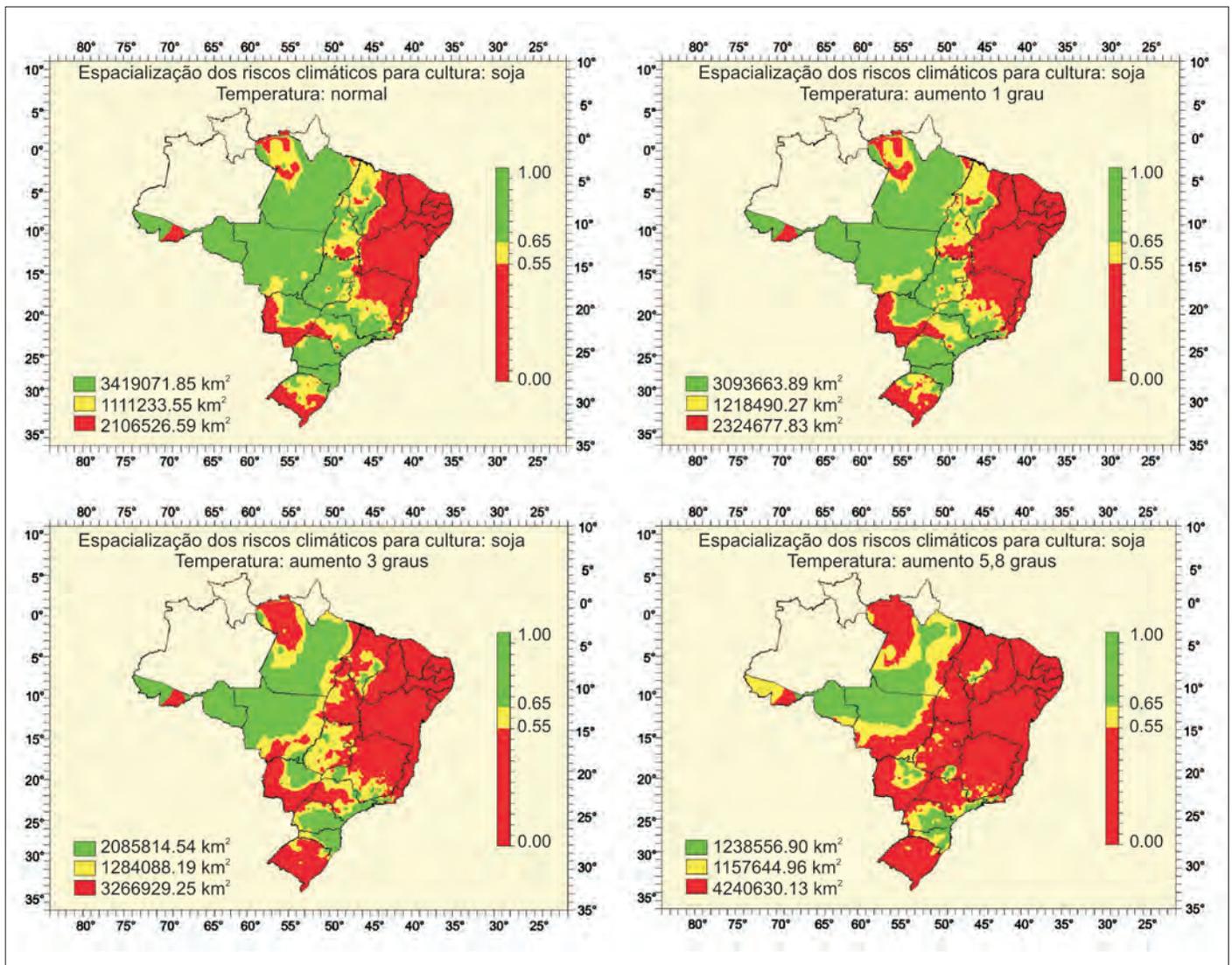


Figura 10 - Impacto do aumento da temperatura nas áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo de soja no Brasil, para semeadura no primeiro decêndio de novembro, considerando diferentes cenários de mudanças climáticas globais

FONTE: Assad et al. (2007).

ças climáticas. É fundamental construir a capacidade de adaptação à mudança global do clima, utilizando novos princípios, que, basicamente, seriam:

- a adoção do princípio da precaução, evitando-se risco de um dano sério e irreversível, mesmo na ausência da completa certeza científica;
- a adoção do desenvolvimento econômico sustentável;
- no caso brasileiro, adotar o comércio de emissões de carbono como base de discussões comerciais.

Mantido o cenário atual, a adaptabili-

dade das atuais culturas deve ser buscada nos seguintes aspectos:

- tolerância ao calor (para todo o Brasil);
- tolerância à seca (Regiões Sul e Nordeste);
- manejo de solos procurando aumentar a capacidade de conservação de água.

No caso específico da adaptação aos estresses ambientais (tolerância à seca e ao calor), o País tem uma situação ainda privilegiada, que é sua grande biodiversidade. Certamente, na biodiversidade dos

Cerrados e da Amazônia é que se encontram os genes necessários, que permitirão a adaptação das atuais culturas exóticas às mudanças climáticas, mantendo o mesmo nível de produção agrícola. Isto, evidentemente, se num horizonte de curto e médio prazos tais biomas não forem destruídos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultados da utilização do Zarc pelo Proagro, podem ser destacados os seguintes fatores:

- redução das solicitações de cobertura por eventos climáticos sinistrantes;

- b) inibição e diminuição das solicitações fraudulentas;
- c) disponibilização de informações gerenciais necessárias à melhor gestão do Proagro;
- d) diminuição dos aportes de recursos financeiros do Tesouro Nacional, da ordem de R\$150 milhões por ano, decorrentes da melhor correlação entre os recursos arrecadados e os despendidos pelo Programa.

Além dos efeitos diretos do zoneamento agrícola, ações decorrentes do seu arranjo institucional e da base de dados de conhecimento gerados pela rede de pesquisa têm permitido contribuir para o avanço do conhecimento em áreas, notadamente no campo da avaliação dos impactos às mudanças climáticas globais sobre a agricultura brasileira. Nesse sentido, a rede de pesquisa tem-se ampliado para responder a mais essa demanda do Estado brasileiro, buscando elaborar o diagnóstico da agricultura brasileira diante do aquecimento global, propondo soluções para adaptação dos sistemas produtivos, contribuindo para o desenvolvimento de novas variedades e de processos de mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

## REFERÊNCIAS

AFFHOLDER, F.; RODRIGUES, G.C.; ASSAD, E.D. Modelo agroclimático para avaliação do comportamento do milho na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.993-1002, out. 1997.

AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Campinas, [2008a]. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: abr. 2008.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento agrícola MG**. Campinas [2008b]. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/publish/zoneamento/MG.html>>. Acesso em: abr. 2008.

AMTHOR, J.S. Effects of atmospheric CO<sub>2</sub> concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO<sub>2</sub> concentration. **Field Crops Research**, v.73, n.1, p.1-34, Oct. 2001.

ASSAD, E.D. Simulation de l'irrigation et du

drainage pour les cultures pluviales de riz et de maïs en sols de bas-fonds à Brasília. In: TRAVAUX DE IRAT, 13., 1986. **Memoires...** Nogent-sur-Marne: IRAT, 1986.

\_\_\_\_\_; EVANGELISTA, B.A.; SILVA, F.A.M. da; CUNHA, S.A.R. da; ALVES, E.R.; LOPES, T.S. de S.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J. Zoneamento agroclimático para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.510-518, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

\_\_\_\_\_; LUCHIRARI JUNIOR, A. Future scenarios and agricultural strategies against climatic changes: the case of tropical savannas. In: REUNIÃO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESTRATÉGIAS FUTURAS, 1989, São Paulo. [Anais...] São Paulo: USP, 1989.

\_\_\_\_\_; MARIN, F.R.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J. Mudanças climáticas e agricultura: uma abordagem agroclimatológica. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n.34, p.169-182, jan./jun. 2007.

\_\_\_\_\_; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; AVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, Nov. 2004.

ASSAD, M.L.L.; BOSCHI, R.S.; NOMURA, E.; EVANGELISTA, B.A.; SILVA, J. dos S.V. da. Uso de informações de solos no Zoneamento Agrícola de Risco Climático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Efeito das mudanças climáticas na agricultura. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

\_\_\_\_\_; SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; ZULLO JUNIOR, J. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.588-596, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

BRUNINI, O.; ZULLO JUNIOR, J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A.P.; PATTERNIANI, M.E.Z. Riscos climáticos para a cultura de milho no estado de São paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.519-526, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. de. Teste de uma equação simples para estima-

tiva da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983.

CAMARGO, M.B.P. de; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. Bases para utilização agropecuária. São Paulo: Itatiaia, 1977. p.89-120.

\_\_\_\_\_; PEDRO JUNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.52, t.2, p.161-168, 1993.

CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; FARIA, R.T. de; ANDROCIOLI FILHO, A.; SERA, T.; CHAVES, J.C.D.; KOGUISHI, M.S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.486-494, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

CUNHA, G.R. da; ASSAD E.D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p.377-385, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

FOREST, F. **Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales**: présentation et utilisation du logiciel BIP. Montpellier: IRAT: CIRAD, 1984. 63p.

FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. **Agricultural Ecosystem Environment**, v.97, n.1/3, p.1-20, July 2003.

GODWIN, R.B.; RITCHIE, J.; SINGH, U. **A user guide to Ceres - wheat v.2.10**. Muscle Shoals: IFDC, 1989. 86p.

GÖEPFERT, H.; ROSSETTI, L.A.; SOUZA, J. **Eventos generalizados e seguridade agrícola**. Brasília: IPEA, 1993. 65p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Relatório das atividades desenvolvidas pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas no período de junho de 1971 a junho de 1972**: zoneamento do café arábica a pleno sol no

Brasil por viabilidade climática. Campinas, 1972. 81p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. GERCA. Clima e fenologia. In: \_\_\_\_\_. **Cultura do café no Brasil**: pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, 1986. p.8-21.

\_\_\_\_\_. **Plano de renovação e revigoração de cafezais – 1997/78**. Rio de Janeiro, 1977. 45p.

IPCC. **Climate change 2001**: synthesis report. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. **Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>>. Acesso em: abr. 2008.

\_\_\_\_\_. **Climate change 2007**: sunthesis report. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>>. Acesso em: abr. 2008.

JONES, C.A.; KINIRY, J.R. **Ceres-Maize**: a simulation model of maize growth and development. College Station, Texas: University Press, 1989. 194p.

JONES, J.W.; BOOTE, K.J.; JAGTAP, S.S.; HOOGENBOOM, G.; WILKERSON, G.G. **Soygro v.5.41**: soybean crop growth simulation model user's guide. Gainesville: University of Florida, 1988. (Florida Agriculture Experimental Station Journal, 8304).

\_\_\_\_\_. JAGTAP S.S.; HOOGENBOOM, G. The structure and function of DSSAT. In: IBSNAT SYMPOSIUM, 1989, Las Vegas, Nevada. **Proceedings...** Honolulu: University of Hawai: IBSNAT, 1990. p.1-14.

KIMBALL, B.A.; KOBAYASHI, K.; BINDI, M. Responses of agricultural crops to free-air CO<sub>2</sub> enrichment. **Advances Agronomy**, v.77, p.293-368, 2002.

MARTINS, N.P.; ASSAD, E.D. Impactos econômicos das possíveis alterações climáticas na cultura do arroz nos estados de Goiás e Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Efeito das mudanças climáticas na agricultura. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função de altitude e latitude**. São Paulo: USP - Instituto de Geografia, 1972. 20p. (USP – Instituto de Geografia. Caderno de Ciências da Terra, 23).

\_\_\_\_\_. PEDRO JUNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. de. Avaliação de efeitos causados por geadas à agricultura paulista através do uso de cartografia computadorizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 1., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Automação, 1983. p.274-279.

\_\_\_\_\_. TARIFA, J.R.; ALFONSI, R.R. Estimation of frost damage in coffee trees in the state of São Paulo-Brazil. In: CONFERENCE ON AGRICULTURE AND FOREST METEOROLOGY, 13., 1977, Boston. Boston: American Meteorological Society, 1977. p.37-38.

\_\_\_\_\_. ZULLO JUNIOR, J.; ASSAD, E.D.; ALFONSI, R.R.; CORAL, G.; BRUNINI, O. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.495-500, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F.; SANTOS, A.R. dos; RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N. da; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.501-509, 2001. Número especial: Zoneamento Agrícola.

SIQUEIRA, O.J.F.; FARIAS, J.R.B.; SANS, L.M.A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptive strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agroclimatologia**, Santa Maria, v.2, p.115-129, 1994.

THORNTHWAITE, C.W.; MATTER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1).

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Earth Resources Observation and Science. [2008]. Disponível em: <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>. Acesso em: abr. 2008.

VAKSMANN, M. **Le modèle BIPODE**: Logiciel. Bamako, Mali: IRAT. 1990.



## MONTANHAS E VALES MINEIROS:

NOVO CENÁRIO PARA VINHOS FINOS NACIONAIS

Produção de material vegetativo isento de víruses

Assessoria técnica para instalação de vinhedos

Análises para vinhos e derivados

Capacitação de mão-de-obra especializada em viticultura e enologia

Vinícola incubadora de empresas



**EPAMIG**  
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Núcleo Tecnológico EPAMIG UVA e VINHO  
Av. Santa Cruz, 500 - Caixa Postal 33 - CEP 37780-000 - Caldas/MG  
Tel.: (35) 3735-1101 - [epamig@epamigcaldas.com.br](mailto:epamig@epamigcaldas.com.br)