

INSTITUTO AGRONÔMICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL E SUBTROPICAL

CLIMA E QUALIDADE NATURAL DE BEBIDA DE
CAFÉ NA REGIÃO MOGIANA DO ESTADO DE
SÃO PAULO

ANDRÉRIKA VIEIRA LIMA SILVA

Orientador: Dr. MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO
Co-orientador: Dr. JENER FERNANDO LEITE DE MORAES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais

Campinas, SP
2010

AGRADECIMENTOS

Seria muita pretensão entregar a dissertação sem agradecer a muitas pessoas que tornaram esse trabalho possível.

Em primeiro lugar, é claro, ao meu querido orientador e mestre, com quem eu tive o prazer de discutir e trabalhar durante esses dois anos. Sempre incentivando, corrigindo meu inglês e, principalmente sendo extremamente calmo e paciente durante as várias “discussões”. E, é claro, também pela liberdade que me deu para trabalhar.

Ao IAC, por ter me aceitado no programa de pós-graduação e ter acertado na indicação do orientador.

Ao INMET, pela gentil cessão de dados de sua série histórica.

À CAPES e à FAPESP, pela concessão de bolsas de estudos, sem as quais teria sido muito difícil concluir o mestrado.

À COOXUPÉ pela cessão de valiosos dados.

À professora Dra. Luci Hidalgo Nunes, aos alunos de geografia/geologia da UNICAMP, pela ótima experiência durante o estágio de docência.

À UNESP, até hoje minha casa e escola e aos grandes amigos e mestres de lá.

Aos poucos e bons amigos da PG IAC (especialmente Camilla, Carol e Cajuru).

Ao Gui, por estar sempre ao meu lado, e especialmente por sua “quase” interminável paciência.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Exigências Climáticas do Cafeeiro.....	5
2.2 Acumulação Térmica: Graus-Dia (GD) e Evapotranspiração Potencial (ETP).....	6
2.3 Fenologia do Café Arábica.....	8
2.4 Café Natural, Cereja Descascado ou Despulpado	10
2.5 Qualidade Natural de Bebi.....	10
2.6 Café Gourmet e Premium.....	13
2.7 Região Mogiana do Estado de São Paulo.....	14
2.8 Geotecnologia e Geoprocessamento.....	15
2.8.1 Estatística espacial.....	16
2.9 Estimativa de Temperaturas Médias Mensais e Anual.....	20
2.10 Estimativa de Precipitação.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE).....	22
3.2 Estimativa da Temperatura Média e Precipitação Total Mensais e Anual Normais.....	23
3.3 Mapa de Qualidade Natural de Bebida de Café.....	25
3.3.1 Mapa de qualidade de bebida com base nas condições térmicas.....	25
3.3.2 Mapa de qualidade de bebida com base nas condições térmicas e hídricas	26
3.4 Maturação de Diferentes Cultivares de Café.....	27
3.5 Estimativa das Temperaturas Médias Quinzenais e Chuvas Totais Decendiais (2000 -2008).....	28
3.6 Estimativa da Qualidade de Bebida Ano a Ano.....	29
3.7 Dados de Qualidade Natural de Bebida de Café.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Correlação entre Altitude e Temperatura Média Normal.....	31
4.2 Coeficientes de Regressão Múltipla de Estimativa das Temperaturas Médias Mensais.....	32
4.3 Estimativa das Épocas de Maturação de Diferentes Cultivares de Café.....	34
4.4 Caracterização Pluviométrica do Outono-Inverno na Mogiana Paulista.....	39
4.5 Qualidade Natural de Bebida de Café.....	41
4.5.1 Qualidade natural de bebida de café considerando apenas o fator térmico..	41
4.5.2 Qualidade natural de bebida de café considerando os fatores térmicos e hídricos.....	41
4.6 Estimativa das Temperaturas Médias Quinzenais e Totais Decendiais de Precipitação.....	45
4.7 Estimativa de Qualidade Natural de Bebida de Café na Mogiana Paulista doo ano de 2002.....	49
5 CONCLUSÕES.....	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Classificação de qualidade sensorial de café, segundo BRESSANI, 2007.....	12
Tabela 2 -	Classificação de qualidade de bebida de café para a Mogiana Paulista e sul de Minas Gerais segundo CAMARGO & CORTEZ (1998).....	13
Tabela 3 –	Classificação de interpoladores espaciais quanto às suas qualidades.....	18
Tabela 4 -	Localização dos postos meteorológicos utilizados para estimar as temperaturas médias mensais para a região Mogiana.....	23
Tabela 5 –	Localização postos pluviométricos utilizados para estimar a precipitação mensal para a Mogiana paulista.....	24
Tabela 6 -	Classes de qualidade natural de bebida de café na Mogiana e respectivas altitudes.....	25
Tabela 7 –	Localização dos postos meteorológicos utilizados para estimar as temperaturas médias quinzenais e precipitação total decendial na Mogiana. No período 2000-2008.....	28
Tabela 8 –	Classificação de qualidade de bebida de café adotada com base na classificação de qualidade da Cooxupé.....	30
Tabela 9 -	Valores a, b e c das equações de estimativa de temperaturas médias normais para a Mogiana paulista.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Apresentação esquemática dos diferentes estádios fenológicos da cultura do café arábica para o Estado de São Paulo. CAMARGO & CAMARGO (20010).....	8
Figura 2 – Distribuição geográfica de área cultivada e número de produtores 2007/2008 no estado de São Paulo. COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL - CATI, (2009).....	14
Figura 3 – Localização da região Mogiana do estado de São Paulo.....	15
Figura 4 – Esquema de folhas utilizadas para a elaboração do Modelo Digital de Elevação da Mogiana Paulista. Adaptado de VALERIANO (2008).....	22
Figura 5 – Organograma de elaboração do mapa de Qualidade Natural de Bebida de café.....	26
Figura 6 – Modelo Digital de Elevação na Região Mogiana do estado de São Paulo.....	31
Figura 7 – Correlação entre a altitude (m) e a temperatura média anual (° C) para diferentes localidades da região Mogiana do estado de São Paulo.....	32
Figura 8 – Estimativa das épocas de maturação da cultivar de café Mundo Novo	36
Figura 9 – Estimativa das épocas de maturação da cultivar de café Catuaí.....	37
Figura 10 - Estimativa das épocas de maturação da cultivar de café Obatã.....	38
Figura 11 – Precipitação pluviométrica mensal normal de outono-inverno na região Mogiana Paulista.....	39
Figura 12 – Mapeamento da qualidade natural de bebida de café da Mogiana Paulista considerando apenas o fator térmico.....	42
Figura 13 – Porcentagem da área da Mogiana Paulista com aptidão para diferentes qualidades de bebida.....	43

Figura 14 – Proposta de mapeamento de qualidade natural de bebida de café, considerando os fatores térmicos e hídricos.....	44
Figura 15 – Correlação entre temperaturas médias quinzenais observadas e estimadas no ano de 2008. a) Araxá, b) Bambuí, c) Franca e d) Machado.....	46
Figura 16 – Chuva total decencial dos meses de abril a junho na Mogiana paulista do ano de 2002.....	47
Figura 17 – Chuva total decencial dos meses julho e agosto na Mogiana paulista do ano de 2002.....	48
Figura 18 - Estimativa da qualidade natural da bebida de café na Mogiana para o ano de 2002 considerando as condições térmicas e hídricas.....	49
Figura 19 – Qualidade de bebida nas propriedades cooperadas da Cooxupé (Cooperativas dos Cafeicultores de Guaxupé) no ano agrícola 2001/2002.....	51

Clima e qualidade natural de bebida de café na região Mogiana do estado de São Paulo

RESUMO

O café arábica é uma planta tropical de altitude, adaptada a clima úmido com temperaturas amenas, típico dos altiplanos da Etiópia, região de origem da espécie. O cafeeiro é afetado nas suas fases fenológicas pelas condições ambientais, especialmente pela variação fotoperiódica e pelas condições meteorológicas, principalmente a distribuição pluviométrica e temperatura do ar, que interferem diretamente na produtividade e na qualidade da bebida. A partir dos anos 2000, há uma tendência de produção de cafés de qualidade superior, buscando atender aos crescentes mercados consumidores externo e interno. Atualmente, a Região Mogiana é a principal produtora de cafés de qualidade superior do estado de São Paulo. O objetivo geral desse trabalho foi relacionar dados climáticos (temperatura do ar, chuva, acumulação de graus-dia e ETp) com a qualidade natural da bebida de café, no intuito de mapear as áreas da região Mogiana do estado de São Paulo com diferentes aptidões para a produção de cafés de qualidade. Inicialmente, foram mapeadas as condições climáticas normais e do ano agrícola 2001/02 da região com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). A partir de modelos agrometeorológicos, foram estimadas as durações dos estádios fenológicos da floração–maturação para as cultivares de café Mundo Novo, Catuaí e Obatã. Os mapeamentos indicaram que a maturação dos grãos de café ocorre normalmente entre os meses de abril e setembro na região. A região Mogiana apresenta condições favoráveis à qualidade natural de bebida de café superior, especialmente nas áreas com altitudes superiores a 700 metros. A inclusão do fator hídrico no mapeamento de qualidade de bebida indicou que áreas com potencial de qualidade de bebida superior não foram prejudicadas, enquanto áreas mais quentes de baixa altitude foram prejudicadas pela antecipação da maturação dos grãos. Para o ano agrícola 2001/02, reconhecidamente um ano de baixa qualidade devido às adversidades térmicas e hídricas, o mapeamento foi eficiente, evidenciando os problemas ocasionados por temperaturas elevadas.

Palavras-Chave: *Coffea Arabica*, acumulação térmica, SIG, bebida de café, cultivares de café, zoneamento

ABSTRACT

Climate and natural coffee beverage quality in the Mogiana region, state of Sao Paulo, Brazil

Arabic coffee is nature from highlands in Ethiopia. In this region presents mild temperatures and high humidity. Environmental conditions affect the coffee plant through the different phonological growth stages, especially rain and air temperature, which interferes in phenology, productivity and beverage natural quality. From the last years there is a tendency of coffee production of superior quality, looking for assist to the crescents consuming world markets. The Mogiana Region is the main producing of coffees of superior quality of the state of Sao Paulo, Brazil. The general objective of the work was to relate climatic data (air temperature, rain, growing degree-day) with the natural quality of coffee beverage, to obtain regional mapping of the Mogiana area with different quality types. The normal climatic conditions and for the specific year of 2001/02 in the area were mapped with the support of Geographical Information Systems (GIS). The durations of the growth stages of flowering-bean maturation for three Arabic coffee cultivars, Mundo Novo, Catuaí and Obatã were determined. The regional mappings indicated that the maturation of the beans usually happens between the months of April to September. The Mogiana region presents favorable conditions of superior natural quality coffee, especially in the areas with altitudes above 700 meters, considering only thermal conditions. The mapping of coffee quality considering also rainfall factor indicated that the areas with superior quality were not restricted, while warmer areas of lowlands were prejudiced for the anticipation of the maturation beans. For specific agricultural year of 2001/02, the mapping was efficient, considering a period of low quality due to the high air temperatures.

Key Words: *Coffea Arabica*, thermal accumulation, GIS, coffee beverage, coffee cultivars, crop zoning

1 INTRODUÇÃO

De todas as atividades econômicas, a agricultura é a que sofre mais diretamente os efeitos das condições do tempo e do clima. Portanto, o entendimento da dinâmica climática é fundamental na organização do espaço agrícola, principalmente no planejamento de uso da terra.

O café arábica é uma planta tropical de altitude, adaptada a clima úmido com temperaturas amenas, típicas dos altiplanos da Etiópia, região de origem da espécie. O cafeeiro é afetado nas suas fases fenológicas pelas condições ambientais, especialmente pela variação fotoperiódica e pelas condições meteorológicas, principalmente a distribuição pluviométrica e temperatura do ar, que interferem diretamente na produtividade e na qualidade da bebida, porém são os trabalhos que avaliam essas relações.

O Brasil é o maior produtor mundial de café, mas a grande quantidade de grãos produzida nem sempre atende a critérios de qualidade de um mercado consumidor cada vez mais exigente. Uma preocupação maior com a qualidade do café iniciou apenas por volta do ano 2000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2009). No Brasil, as principais regiões produtoras de cafés de qualidade são a Mogiana, no estado de São Paulo e Sul do estado de Minas Gerais.

Para compreender a demora do setor cafeeiro brasileiro em investir em qualidade, é fundamental entender que até a extinção do Instituto Brasileiro do Café (IBC) em 1990, não havia sentido para tal preocupação. O IBC era responsável por toda a regulamentação do setor cafeeiro (inclusive tabelamento de preços). Como política fundamental, o IBC objetivava fornecer o produto para o mercado internacional, e o excedente, que não podia ser exportável, servia para abastecer o mercado interno. Tal política resultou na ação de algumas empresas de misturar outros ingredientes (como cevada) ao café, que refletiu na queda do consumo interno. (SAES & FARINA, 1998)

Portanto, após a extinção do IBC e com o fim do tabelamento de preços em 1992, o mercado iniciou uma reestruturação, e na tentativa de recuperar mercado interno, foi lançado em 1989 o Selo de Pureza ABIC, com o objetivo de fiscalizar a indústria do café e impedir que o produto fosse fraudado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ, 2009). O selo de Pureza existe até os dias

atuais, porém não garante que a bebida certificada tenha boas características sensoriais; garante apenas que o consumidor está realmente adquirindo café.

Em 2004, foi lançado pela ABIC o Programa de Qualidade do Café (PQC), esse sim focado nas características sensoriais da bebida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ, 2009). O objetivo do PQC é oferecer produtos diferenciados a consumidores dispostos a pagar mais por um produto de qualidade superior.

A preocupação da ABIC é um grande avanço em relação à situação anterior da cafeicultura nacional, mas nos parece um pouco tardia, já que desde a década de 90, a demanda por cafés de qualidade (Gourmets e Especiais) vem crescendo, tanto no mercado brasileiro quanto nos mercados internacionais. A Colômbia percebeu esse mercado com antecedência, e criou o personagem “Juan Valdez” ainda na década de 60 com o objetivo de conscientizar o consumidor estrangeiro sobre a qualidade do café colombiano. Em 1994, a Colômbia desenvolveu uma campanha publicitária para incentivar o consumo de café por jovens executivos e em 1995 lançou seu programa de cafés especiais. Em 2005, obteve o certificado de denominação de origem (DO) “Café de Colômbia” e em Agosto de 2007, recebeu a outorga dessa mesma denominação de origem da União Européia. (FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2009).

No Brasil, apesar de já existirem inúmeras certificações e selos (geralmente ligados certificações ambientais e comércio justo, como o “Rainforest Alliance” e o “UTZ Certified”), há apenas uma denominação geográfica para café – O café do Cerrado.

O estado de São Paulo possui o selo de identificação “Produto de São Paulo”, porém esse selo não acompanha nenhuma denominação de origem ou indicação geográfica.

Denominação de origem pode ser definida como: “o nome geográfico de um país, região ou localidade que serve para designar um produto nele originado, cuja qualidade e características devem-se exclusivamente ou essencialmente ao ambiente geográfico, incluindo-se fatores humanos e naturais” (CHADDAD, 1996 apud COUTINHO, 2003).

Entre cooperativas de produtores da Mogiana paulista, começou a haver a preocupação de proteger a produção regional de café por meio da obtenção da denominação de origem, porém esse processo é bastante complexo e a avaliação considera, entre outros aspectos, a notoriedade do produto em questão, a ligação com o

território, sendo a definição da área que tem direito à apelação um ponto central no processo, sendo qualquer área produtora que use a denominação fora da fronteira delimitada considerada fraude (COUTINHO, 2003).

Portanto, para que os cafés da Mogiana obtenham a denominação de origem são fundamentais a delimitação da área e um levantamento detalhado das características físicas que determinam a qualidade do café. Nesse ponto, o clima tem papel fundamental.

A qualidade do café é fortemente influenciada pelas condições de clima, que definem a aptidão climática para a cultura e pelas condições de tempo, que determinam a qualidade ano a ano. Dentre os elementos climáticos determinantes para a qualidade, destaca-se a temperatura do ar, que influencia na duração dos estádios fenológicos da cultura, condicionando a época da colheita (ORTOLANI et al., 2001).

Considerando a necessidade de modelos agrometeorológicos que definam com maior precisão a influência das condições ambientais na qualidade natural de bebida de café, o objetivo geral do trabalho foi relacionar dados climáticos (temperatura do ar, chuva, acumulação de graus-dia) com a obtenção da qualidade natural da bebida de café, no intuito de mapear as áreas da região Mogiana do estado de São Paulo com suas respectivas aptidões para diferentes qualidades de bebida de café.

Essa abordagem foi feita sob dois enfoques diferentes: o primeiro busca caracterizar e generalizar o clima da área e como este interfere na qualidade de bebida do café. Sua importância é evidente, visto que ainda há poucos trabalhos que enfocam o tema; o segundo refere-se ao comportamento interanual dos elementos climáticos e sua repercussão sobre a qualidade de bebida. Essa abordagem propõe-se mais dinâmica, e reveste-se de um caráter bastante geográfico, já que busca padrões nas sucessões dos tipos de tempo e suas repercussões sobre o espaço geográfico.

MONTEIRO (1969) argumenta que: “Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a seqüência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica”. Essa abordagem forneceu os subsídios para o entendimento de como a interação entre os elementos provocou diferentes características nos cafés produzidos ano a ano.

Desse modo, os objetivos específicos foram:

a) Aplicação de modelos agrometeorológicos de estimativa do estágio fenológico da maturação dos frutos de diferentes cultivares de café arábica;

b) Mapeamentos por meio de tratamentos estatísticos e com o auxílio de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) das épocas da maturação dos frutos de diferentes cultivares de café;

c) Mapeamentos da região Mogiana com ênfase na atual aptidão climática da qualidade natural de bebida em função das condições climáticas espacializadas com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas.

d) Mapeamento da região Mogiana em função das condições de um ano agrícola caracterizando a qualidade natural de bebida em função das condições climáticas espacializadas com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas.

As hipóteses norteadoras do trabalho foram:

Conhecimento mais consistente da influência das condições climáticas sobre os estágios fenológicos do cafeeiro pode indicar com mais precisão a duração do estágio fenológico da floração-maturação.

Modelos agrometeorológicos que consideram os efeitos ambientais aos processos fisiológicos determinantes da fenologia são importantes para a obtenção de estimativas mais consistentes da duração do estágio fenológico da floração-maturação de diferentes cultivares de café arábica.

Maior consistência dos mapeamentos espacializados com o auxílio de SIGs das épocas da maturação dos frutos de diferentes cultivares de café relacionando qualidade de bebida e condições climáticas na região Mogiana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Exigências Climáticas do Cafeeiro

As perdas na cafeicultura em decorrência de eventos climáticos são grandes, já que os cafeeiros são plantas perenes e estão expostos às intempéries do clima durante todo o ano. Os problemas ligados às adversidades climáticas são os mais variados e se relacionam aos diferentes elementos como: geadas, ventos, veranicos frequentes, deficiências hídricas prolongadas, entre outros. Logo, pode-se dizer que os elementos climáticos que influenciam no processo de produção do café são principalmente: a temperatura do ar (exigências térmicas) e a precipitação pluvial (exigências hídricas).

A temperatura constitui-se no fator climático mais importante para definir a aptidão climática do cafeeiro em cultivos comerciais (CAMARGO, 1986). A aptidão térmica é dada por faixas de temperatura média anual, classificadas em ideal, apta e inapta, sendo: Ideal: 19° a 22°C; Apta: 18° a 23°C; Inapta: <18° e >23°C (CAMARGO & FRANCO, 1985).

Temperaturas médias anuais superiores a 23°C associadas à seca na época do florescimento provocam abortamento floral e formação de "estrelinhas", o que implica na quebra de produção, principalmente nos anos em que a estação seca mostra-se mais longa ou atrasada (CAMARGO, 1985; THOMAZIELLO et al., 2000). No extremo oposto, temperaturas inferiores a 18°C para o café arábica causam baixa diferenciação floral e, como consequência, baixos níveis de produtividade além de sintomas típicos de crestamento foliar no período de inverno, associado aos ventos dominantes, além de atraso demasiado no desenvolvimento dos frutos, cuja maturação pode sobrepor-se ou ultrapassar a florada seguinte, prejudicando a vegetação e a produção do cafeeiro (CAMARGO, 1985).

Temperatura média anual igual ou superior a 23°C pode provocar a redução de crescimento no período do verão, além de ocasionar frutos com desenvolvimento e maturação demasiadamente precoces, o que repercute diretamente na qualidade do produto, pois a colheita tende a ocorrer em estação muito quente e úmida (CAMARGO, 1985).

Temperatura do ar extremamente baixa pode provocar geadas severas, prejudiciais aos cafeeiros, pois temperaturas de 2°C medidas em abrigo meteorológico são

suficientes para que ocorram danos à planta. Por outro lado, no hemisfério sul, as encostas de face sul e sudoeste podem estar sob influência de ventos moderados a fortes, com temperaturas do ar baixas, ocasionando sintomas típicos de crestamento foliar nos períodos de inverno.

Em relação às exigências hídricas, mais importante que o total da precipitação pluvial durante o ano é a sua distribuição ao longo do desenvolvimento da planta. Um mesmo cafeeiro pode estar em duas fases de desenvolvimento diferentes, porém, as fases nas quais o cafeeiro está mais vulnerável ao estresse hídrico são a florada e a granação dos frutos. No entanto, uma deficiência hídrica entre julho e agosto, período anterior à florada, pode ser benéfica, favorecendo uma florada mais uniforme já nas primeiras chuvas de setembro. (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

Segundo CAMARGO (1986), na avaliação das condições ideais de precipitação para o cafeeiro é fundamental a atenção a algumas variáveis importantes, tais como precipitação anual média, distribuição da precipitação durante o ano (número de meses secos), balanço hídrico, época de ocorrência e intensidade das deficiências e excedentes hídricos e condições do solo (características físicas). Entretanto, estudos (CAMARGO & PEREIRA, 1994) baseados em balanços hídricos indicam que o cafeeiro suporta até 150 mm/ano de deficiência hídrica, especialmente se este período não se prolongar até o mês de setembro e se as condições de solo forem adequadas.

2.2 Acumulação Térmica: Graus-Dia (GD) e Evapotranspiração Potencial (ETp)

Um dos métodos utilizados para relacionar a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal é o total de graus-dia acumulados (GDA), definido como a soma de temperaturas acima da condição mínima e abaixo da máxima necessárias para a planta finalizar os diferentes subperíodos de desenvolvimento (SOUZA, 1990). O conceito de graus-dia foi desenvolvido para superar inadequações do calendário diário, prever eventos fenológicos (WARINGTON & KANEMASU, 1983), identificar as melhores épocas de semeadura, escalonar a produção de culturas e para programas de melhoramento.

O conceito de graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, será a taxas muito reduzidas (PEREIRA et al., 2002). Cada grau de temperatura acima da temperatura-base corresponde a um

grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura base, que pode variar em função dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da planta, sendo comum a adoção de um valor único para todo o ciclo da cultura (CAMARGO, 1984). Esta teoria assume que tanto as temperaturas diurnas como as noturnas afetam o desenvolvimento e o crescimento vegetativo, e que os dados somente perdem sua confiabilidade sob condições de extremo ou prolongado estresse hídrico.

INFELD & SILVA (1987) afirmam que o aumento da temperatura acelera o desenvolvimento da planta, reduzindo o seu ciclo e vice-versa. Com base nesse princípio ficam explicadas as diferentes durações do ciclo de uma cultura, em dias, para cultivos em localidades com regimes de temperaturas diferentes. Vários trabalhos têm demonstrado a grande utilidade do uso de graus-dia acumulados para previsão de fases fenológicas, bem como para zoneamento das culturas (SLACK et al., 1994). Esses autores afirmam que graus-dia independem da época e do local de cultivo. Para o café arábica o valor da temperatura-base foi determinado por PEZZOPANE et al. (2008) como sendo de 10,2° C.

A evapotranspiração potencial (ETp) é um elemento climatológico fundamental proposto por THORNTHWAITE (1955) para indicar a disponibilidade de energia solar na região. O método de estimativa de ETp de Thornthwaite foi avaliado com bom desempenho em escala mensal e decenal para as condições do estado de São Paulo (CAMARGO & SENTELHAS 1997). Constitui assim, um índice de eficiência térmica da região, semelhante aos graus-dia (GD), porém sendo expressa em milímetros (mm) de evaporação equivalente. A ETp acumulada é muito utilizada na definição das disponibilidades térmicas, como nos trabalhos de zoneamento climático da aptidão agrícola e definição de fases fenológicas (CAMARGO & CAMARGO 2000). Enquanto os valores da temperatura do ar e de graus-dia são expressos em graus, simples índices termométricos, a ETp é dada em milímetros de evaporação, equivalente a uma unidade física.

NUNES et al (2009) determinaram que os cafeeiros da cv Mundo Novo atingem a maturação plena quando o somatório de graus dias (GD) a partir da florada principal atinge 2900 GD de acumulação térmica (maturação precoce). Os cafeeiros da cv Catuaí (maturação média) atingem a maturação quando completam 2990 GD de acumulação e os cafeeiros da cultivar Obatã (maturação tardia) alcançam a maturação quando a acumulação térmica atinge 3203 GD.

gemas florais, após completo desenvolvimento, entram em dormência e ficam prontas para a antese quando seu potencial hídrico aumentar, devido à ocorrência de chuvas ou irrigação.

A terceira fase (floração, chumbinho e expansão dos frutos) é a primeira do segundo ano fenológico, compreende normalmente quatro meses, de setembro a dezembro. Inicia-se com a *florada* cerca de 8 a 15 dias após um aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras. Uma florada principal normalmente acontece quando se verifica um período de restrição hídrica, seguido de chuvas, irrigação ou mesmo um acentuado aumento da umidade relativa do ar (CAMARGO & FRANCO, 1985; RENA & MAESTRI, 1985). As gemas florais de cafeeiros adultos completam a maturação e entram em dormência, ficando prontas para a antese plena quando o somatório de graus-dia (GD) a partir de abril atinge 1579 graus-dia e após uma chuva de pelo menos 7mm, sendo necessária uma chuva de pelo menos 7 mm para quebrar a dormência das gemas maduras (ZACHARIAS et al. 2008).

Temperatura ambiente elevada associada a um intenso déficit hídrico durante o início da florada provoca a morte dos tubos polínicos pela desidratação, causando o abortamento das flores, resultando nas conhecidas “estrelinhas” (DAMATTA & RAMALHO, 2006). Após a fecundação, ocorrem os chumbinhos e a expansão dos frutos. Havendo estiagem forte nessa fase o estresse hídrico prejudicará o crescimento dos frutos e resultará ocorrência de peneira baixa (DAMATTA, 2004).

A quarta fase é a de granação dos frutos, quando os líquidos internos solidificam-se, formando os grãos. Ocorre em pleno verão, de janeiro a março. Estiagens severas nessa fase poderão resultar no “chochamento” de frutos.

A maturação dos frutos se dá na quinta fase, compreendendo normalmente os meses de abril a junho. A maturação plena, ou seja, quando pelo menos 50% dos grãos atingem a fase de cereja, é alcançada segundo CAMARGO & CAMARGO (2001) quando o somatório de ETp atinge cerca de 700 mm, após a florada principal. NUNES et al. (2009) determinaram que os cafeeiros da cv Mundo Novo atingem a maturação plena quando o somatório de graus dias (GD), a partir da florada principal, atinge 2900 GD de acumulação térmica (maturação precoce). Os cafeeiros da cv Catuaí atingem a maturação quando 2990 GD de acumulação são completados (maturação média) e os cafeeiros da cultivar Obatã (maturação tardia) alcançam a maturação quando a acumulação térmica atinge 3203 GD. Nesta fase, a demanda hídrica decresce significativamente e as deficiências hídricas moderadas beneficiam a qualidade do

produto. A sexta fase, de repouso e senescência dos ramos produtivos não primários, normalmente ocorre em julho e agosto.

2.4 Café Natural, Cereja Descascado ou Despoldado

Os grãos de café podem ser submetidos a diferentes manejos pós-colheita: despoldamento, cereja descascado e café natural.

Para a obtenção do café despoldado, a polpa e a mucilagem do café são removidas após a colheita. Esse manejo evita que o grão sofra fermentações e é muito utilizado em locais úmidos, como a América Central.

No manejo cereja descascado (CD) remove-se apenas a polpa, mas a mucilagem do grão permanece e seca com o pergaminho. Segundo BRANDO (1999), em locais de altitudes baixas o café CD tende a se parecer com o natural em relação ao sabor. Obviamente, a demanda de água e equipamentos requerida por esse manejo pode encarecer o produto.

O café natural é aquele que permanece com casca, polpa e pergaminho. Esse manejo é o principal adotado no país e na região Mogiana. Apresenta custo de produção mais baixo, mas por outro lado o café fica mais exposto às condições ambientais. Segundo BRANDO (1999), essa denominação deve ser adotada por uma questão de mercado, e as denominações “café de terreiro” e “café não lavado” devem ser evitadas, pois transmitem a idéia de falta de cuidado e de sujeira.

Em pesquisa realizada com 410 cafeicultores dos quais 90% são produtores de arábica, para a empresa ILLY, SAES et al. (2009) constataram que 74% adotam o manejo Café Natural. Em relação ao mercado para cafés naturais ou CD, a empresa entrevistou 50 executivos especialistas em café e 47% deles apontaram como principal ponto negativo na aquisição de cafés naturais especiais a grande quantidade de defeitos e 34% indicaram a pouca oferta do produto como fator negativo. Ou seja, faltam cafés naturais especiais no mercado e os que chegam ao mercado apresentam problemas de qualidade.

2.5 Qualidade Natural de Bebida de Café

Vários fatores ambientais influenciam na qualidade de bebida do café, e um dos fatores de maior importância na produção de cafés de qualidade é a temperatura do ar. Em locais com temperaturas muito elevadas a maturação ocorre muito rapidamente, não havendo tempo suficiente para que os compostos fenólicos migrem do endosperma para as camadas superficiais da semente. Com temperaturas mais amenas, a maturação ocorre mais lentamente, havendo uma maior coincidência entre o ponto de colheita e a migração de tais compostos (CORTEZ, 1997).

Além disso, a presença de umidade nas épocas de maturação e colheita é determinante para a qualidade da bebida, pois há quatro tipos básicos de processos fermentativos que ocorrem nessas fases: acético, láctico, propiônico e butírico. As duas primeiras fases ocorrem naturalmente quando o café atinge a fase passa, porém, quando há elevada umidade na colheita, formam-se condições ideais para que a fermentação atinja a terceira e a quarta fases, condicionando gosto ruim. Quando a presença de grãos ruins é pequena, classifica-se o café como ruído, e quando além de grãos ruins, há presença de defeitos, o café é caracterizado como ruído zona. (CORTEZ, 1997)

Enfocando a importância do clima sobre a qualidade de bebida do café, ORTOLANI et al. (2001) mostraram que o cultivo do café de qualidade no estado de São Paulo tem se mostrado satisfatório em altitudes superiores a 1000 metros, e em locais onde a colheita ocorre sob condições de baixa temperatura e umidade, pois alta umidade na colheita pode favorecer a proliferação de fungos, prejudiciais à qualidade da bebida. Apontaram ainda que a fase de maturação dos frutos é fundamental para a qualidade da bebida. Tais características são encontradas na região Mogiana do estado, que, portanto apresenta as condições climáticas necessárias para a produção de bebida mole (a mais valorizada e apreciada das classes de bebida). Na região Mogiana do estado de São Paulo a maturação geralmente ocorre por volta de maio a setembro, ou seja, antes do período de chuvas na região (CIAGRO, 2008).

O mapeamento de ORTOLANI et al. (2001) foi realizado com base no acúmulo de graus-dia, porém os autores enfatizaram o fato de o fator térmico não ser suficiente como único parâmetro para determinar a qualidade do café, sendo o fator hídrico fundamental. Segundo eles, na continuidade da regionalização da qualidade da bebida, o fator hídrico deve ser incluído, pois em locais de clima úmido há a proliferação de microorganismos fermentam a polpa do grão do café, causando qualidades de bebida inferiores.

Outros fatores, como a colheita (derrça no pano, derrça no chão), pós-colheita (secagem em terreiro, café despulpado, cereja descascado, entre outros) também possuem influência sobre a qualidade de bebida. Contudo, FAVARIN et al. (2004), analisando diferentes manejos pós-colheita, concluíram que o manejo pós-colheita não é o fator determinante na qualidade da bebida, sendo mais importantes os fatores ambientais, que atuam durante o desenvolvimento do cafeeiro.

A qualidade do café pode ser avaliada por defeitos (presença de grãos verdes, grão quebrados, entre outros) ou por qualidade sensorial, que avalia a mostra de café de acordo com suas características de bebida.

Há diferentes classificações de qualidade sensorial de bebida de café. Em geral, todas classificam o café de mole ou estritamente mole (as melhores bebidas) a rio ou rio zona (as piores bebidas). A Tabela 1 apresenta uma classificação mais recente de qualidade sensorial de café proposta por BRESSANI (2007).

Tabela 1 – classificação de qualidade sensorial de café, segundo BRESSANI (2007)

Estritamente Mole	Sabor muito suave e adocicado
Mole	Sabor suave e adocicado
Apenas Mole	Sabor suave, leve adstringência
Dura	Sabor adstringente. gosto áspero
Riada	Leve sabor típico de iodo
Rio	Sabor forte e desagradável
Rio Zona	Bebida de sabor e odor intoleráveis, com gosto acentuado de iodo

CAMARGO & CORTEZ (1998) publicaram um trabalho que considerava os fatores térmicos e hídricos fundamentais para a qualidade natural de bebida do café. Segundo eles, quanto mais baixa uma região, maior a temperatura e mais rapidamente ocorreria a maturação. Desse modo, associaram a qualidade de bebida às condições altimétricas para a Mogiana Paulista, como ilustra a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de qualidade natural de bebida de café para a Mogiana paulista e sul de Minas Gerais segundo CAMARGO & CORTEZ (1998)

Altitude	Qualidade da Bebida
Acima de 1000 metros	Estritamente Mole, encorpada
De 700 a 1000 metros	Mole
De 500 a 700 metros	Dura
Abaixo de 500 metros	Rio

O fator hídrico foi incluído como uma complementação do fator térmico, ou seja, se a região for muito quente, a maturação será antecipada, ocorrendo ainda nos meses chuvosos, como abril. Segundo os autores, na região Mogiana, essa condição é satisfeita em localidades com altitudes inferiores a 500 metros.

2.6 Café Gourmet e Premium

Existem diferentes classificações globais de café, que incluem todas as características do grão – qualidade de bebida e defeitos. A classificação de bebida apresentada aqui é utilizada pela ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café, 2009), que representa diferentes empresas do ramo:

Café Tradicional: Deve conter 70% de café Arábica na composição e apresentar no máximo 20% de defeitos PVA (grãos pretos, verdes e ardidos)

Café Superior: Deve conter 85% de grãos Arábica e no máximo 10% de defeitos PVA

Café Gourmet: 100% grãos Arábica e não devem apresentar defeitos PVA

Há também o café classificado como Especial, que, apesar das distintas classificações utilizadas por diferentes entidades, segundo BRESSANI (2007) geralmente apresentam 100% de grãos Arábica, são produzidos com 100% de grãos cereja, devem ser cafés sustentáveis (certificação ambiental) e ter nota na análise sensorial acima de 80 (a classificação sensorial vai de 0 a 100)

A AMSC (ALTA MOGIANA SPECIALITY COFFEES, 2009), que também é certificadora de cafés especiais informa que seus membros produzem a cada ano aproximadamente 60 mil sacas de cafés especiais.

2.7 Região Mogiana do Estado de São Paulo

No estado de São Paulo, a Mogiana é a região com maior tradição em produção de cafés de qualidade e maior área plantada (CATI, 2009), ilustrada na Figura 2.

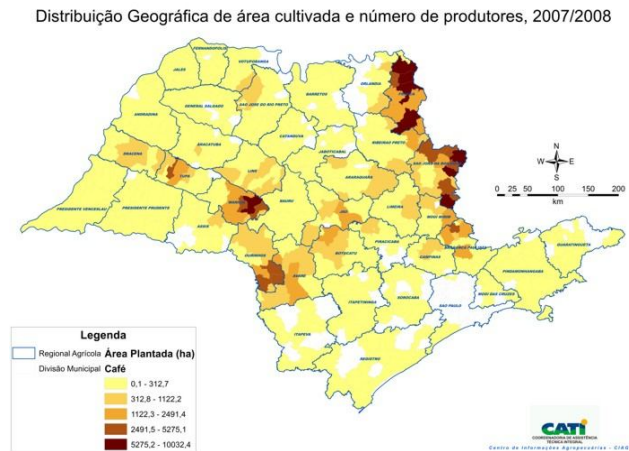


Figura 2 – Distribuição geográfica de área cultivada e número de produtores 2007/2008 no estado de São Paulo. COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL - CATI, (2009).

A Mogiana é uma faixa que compreende a porção leste do estado, na divisa com o estado de Minas Gerais e engloba aproximadamente 90 municípios (Figura 3). A denominação Mogiana deve-se ao nome da Companhia de Estradas de Ferro antigamente existente na região. O termo Média Mogiana era usado para designar as áreas mais próximas à capital e o termo Alta Mogiana para designar as áreas mais distantes, não havendo assim nenhuma correlação dessas denominações com caráter topográfico.

Apesar de não apresentar grande variação longitudinal, estando entre 48,39° e 46,04° W, essa região apresenta significativa variação latitudinal, situando-se entre 19,98° e 23,23° S. Além disso, há uma variação topográfica bastante acentuada, indo

desde aproximadamente 500 metros de altitude nas planícies aluviais até altitudes superiores a 1200 metros nos divisores de água.

Essa grande variabilidade do relevo confere diferentes características aos macroclimas e topoclimas, que por sua vez influenciam diretamente na quantidade e qualidade do café produzido. Segundo a classificação de Köeppen (SETZER, 1966), a região apresenta tipos de clima Cwb, Cwa (predominante) e Aw nas áreas mais a norte

Em geral, a região apresenta verão mais quente e úmido com inverno seco e ameno. A Média Mogiana foi responsável por aproximadamente 40000 hectares cultivados com café no ano de 2008 (CIIAGRO, 2008).

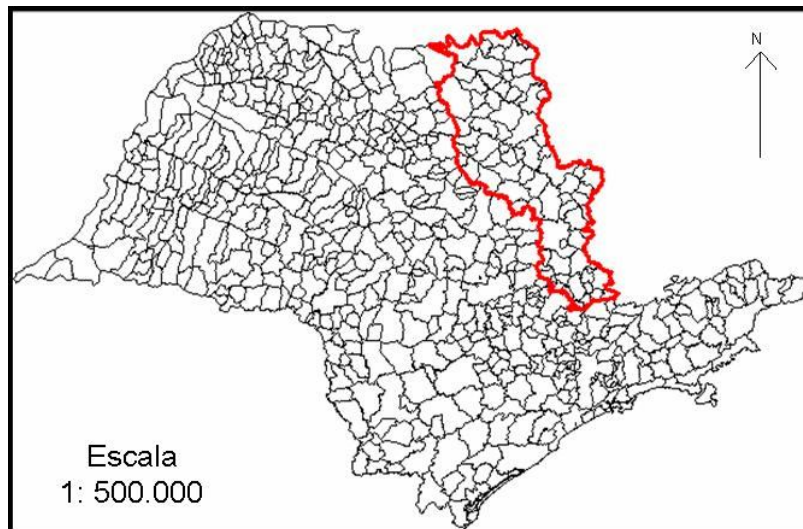


Figura 3 – Localização da região Mogiana do estado de São Paulo

2. 8 Geotecnologia e Geoprocessamento

Geotecnologia é um nome genérico comumente utilizado para designar os levantamentos ou mapeamentos da Terra. Fazem parte das geotecnologias o Processamento Digital de Imagens, a Geoestatística e os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas).

CÂMARA (2004) define Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Segundo o autor, a principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é

sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos.

Já geoprocessamento é definido por TEIXEIRA & CHRISTOFOLETTI (1997) como a tecnologia que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados. Portanto, o geoprocessamento engloba todas as geotecnologias, como PDI e SIGs.

Em 2008, o projeto TOPODATA disponibilizou vários produtos oriundos do radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para o Brasil com a resolução espacial de 90 metros, reamostradas para 30 metros, entre eles um Modelo Digital de Elevação (MDE), que é constituído de arquivos altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas VALERIANO (2008).

Segundo VIEIRA et al. (2007) no caso da cultura do café, as geotecnologias podem facilitar a avaliação da distribuição das áreas cafeeiras, com a quantificação e o entendimento das relações entre os sistemas de produção e o ambiente.

2.8.1 Estatística espacial

A escolha do modelo deve depender sempre dos objetivos de um trabalho e dos dados de que se dispõe. Portanto, cabe ao pesquisador conhecer as vantagens e limitações de cada modelo, e optar por aquele que melhor se adequar ao conjunto de dados.

Os interpoladores geoestatísticos são classificados em modelos determinísticos locais, globais e locais e globais. (CAMARGO et al., 2004)

Modelos de efeitos locais A interpolação é feita a partir das amostras mais próximas, ou seja, pontos distantes daquele a ser interpolado são desconsiderados, fazendo com que predominem os efeitos locais. São exemplos os interpoladores: vizinho mais próximo, média simples e média ponderada. Para o interpolador média ponderada, o ponderador utilizado é geralmente o inverso da distância euclidiana ou inverso quadrado da distância (IQD). O IQD torna-se um ponderador interessante porque pontos mais próximos entre si tem peso maior, enquanto pontos mais distantes têm peso menor. Dessa forma, cada ponto terá o mesmo peso à mesma distância como um ponto isolado, porém a variação não é necessariamente a mesma em todas as

direções. Outra vantagem é que este ponderador estima valores apenas dentro do intervalo de valores que os pontos oferecem, não estimando valores fora do intervalo medido (WEBSTER & OLIVER, 2001).

Modelos de efeitos globais. As Superfícies de Tendência são obtidas através de ajuste polinomial. Não há limite quanto ao número de polinômios a ser calculado, desde que seja inferior ao número de pontos amostrais. Tem como grande vantagem a possibilidade de estimativa com poucos dados, porém, os dados devem estar bem distribuídos, o mais próximo possível de uma grade regular. Apesar da vantagem da fácil utilização, CAMARGO et al. (2004) pondera que: ...“a suposição implícita do modelo, em negligenciar a variabilidade local, não é realista para a maior parte dos dados naturais. Adicionalmente, os parâmetros estimados são muito sensíveis a valores extremos (outliers)”

Modelos de efeitos globais e locais. São as Krigagens O conceito de krigagem está baseado no conceito de variável regionalizada. Para CAMARGO et al. (2004), variável regionalizada é uma variável distribuída no espaço cujos valores são considerados realizações de uma função aleatória.

Segundo LANDIM (2003), atualmente o termo “geoestatística” é consagrado como ramo da estatística que trata de variáveis regionalizadas. Há duas ferramentas fundamentais no tratamento das variáveis regionalizadas: o semivariograma e a krigagem. Portanto, segundo essa definição, outros interpoladores espaciais (IQD, Vizinho mais Próximo) não podem ser considerados modelos geoestatísticos.

A geoestatística, como a conhecemos, surgiu na década de 60 na África do sul, no campo da Geologia. O engenheiro de minas D. G. Krige (de onde se originou o termo Krigagem ou Krigeagem) e o matemático G. Matheron são considerados os pais da geoestatística (LANDIM, 2003). Essa moderna geoestatística foi posteriormente aplicada a outras áreas, como pedologia e meteorologia.

A teoria das variáveis regionalizadas pressupõe que a variabilidade espacial depende apenas da distância entre pontos (e não da característica desses pontos). Desse modo, pode-se concluir que em distâncias menores a variação é menor e se as distâncias entre pontos forem iguais, a variação deve ser igual. Portanto, a variável deve se comportar de forma igual em todas as diferentes direções, como demonstra a equação abaixo:

$$\gamma(h) = 1/2 E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde:

$\gamma(h)$ Semivariância em um vetor h

$Z(x_i)$ Valores Medidos

$Z(x_i + h)$ Valores Medidos separados por um vetor h

Por isso, há uma grande preocupação em geoestatística para que se obtenham observações em grades regulares (distâncias iguais) e com o maior número de pontos amostrais possível. Esse método é muito aplicado em geologia e pedologia. Porém, em meteorologia e climatologia (especialmente em escala regional) há uma grande dificuldade na obtenção de grande número de medições em intervalos regulares, e, se os dados apresentarem falhas, não há como reamostrá-los. Além disso, há outras limitações ao uso de geoestatística para fins meteorológicos, como a origem da variabilidade dos dados. Especialmente para chuva (pelo seu caráter de grande variabilidade espacial), a teoria das variáveis regionalizadas não se aplica, já que essa variável não se comporta de maneira igual em todas as direções (LANDIM, 2003).

LANDIM (2000) classificou diferentes interpoladores quanto às suas qualidades, como apresentado na tabela 3:

Tabela 3 – Classificação de interpoladores espaciais quanto às suas qualidades

Algoritmo	Fidelidade aos dados originais	Suavidade das curvas	Velocidade de computação	Precisão Geral
Triangulação	1	5	1	5
Inverso da distância	3	4	2	4
Sup de Tendência	5	1	3	2
Mínima curvatura	4	2	4	3
Krigagem	2	3	5	1

Onde:

1 = Melhor interpolador

5 = Pior interpolador

Mesmo assim, há uma infinidade de trabalhos que aplicam a krigagem à meteorologia e climatologia:

ASSAD et al. (2003) testaram diferentes interpoladores (média ponderada, krigagem ordinária e krigagem por indicação) para definir o melhor interpolador de ISNA (índice de satisfação das necessidades de água). Cabe destacar que nesse trabalho as temperaturas médias foram estimadas e os dados de chuva foram obtidos em 390 pontos no estado de São Paulo. Os autores concluíram que a krigagem por indicação é foi o método mais adequado para a estimativa do ISNA.

Considerando a pequena quantidade de dados disponíveis e a grande variabilidade espacial das chuvas, optou-se por utilizar o interpolador média móvel, com ponderador IQD, já que este é um interpolador de efeitos locais, pouco sensível aos valores extremos, que não estima valores fora do intervalo medido.

Tentou-se como teste aplicar krigagem aos dados, porém essa não foi eficiente visto que os dados apresentaram anisotropia (a variável se comportou de forma diferente dependendo da direção), o semivariograma não apresentou patamar, e, pela característica do interpolador de estimar valores fora do intervalo medido, a krigagem chegou a estimar chuva negativa em inúmeras áreas e extremamente elevada em outras.

2.9 Estimativa de Temperaturas Médias Mensais e Anual

A temperatura média do ar depende da sua posição no espaço (coordenadas geográficas latitude e longitude) e das características do local que ocupa no espaço (altitude e dinâmica da atmosfera). Baseado nisso, há inúmeros trabalhos que estimaram as temperaturas médias mensais e anuais por meio de regressão linear considerando essas variáveis independentes: latitude, longitude e altitude. PEREIRA et al. (2002) realizaram um levantamento de vários trabalhos que utilizaram essa metodologia no Brasil, para diferentes estados. Para alguns estados do Brasil como Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná e Tocantins, a variável independente longitude foi desprezada.

PINTO et al. (1972) obtiveram equações de estimativa das temperaturas médias mensais e da temperatura média anual, para o estado de São Paulo, com coeficientes de determinação que variaram desde 0,74 no mês de julho a 0,90 no mês de janeiro. Os autores atribuíram o menor coeficiente de determinação em julho à má localização de alguns postos meteorológicos, que concentravam ar frio. É necessário também atentar para o fato que foram utilizadas estações meteorológicas com período observações superiores a 8 anos, dada a pequena disponibilidade de dados na época, o que pode ter prejudicado a estimativa.

2.10 Estimativa de Precipitação

CARVALHO & ASSAD (2005) testaram três métodos de interpolação para a estimativa da chuva no estado de São Paulo: inverso quadrado da distância, curvatura mínima e krigagem ordinária, com dados de 1027 postos pluviométricos. O interpolador que apresentou menores erros foi a krigagem ordinária. Os autores atribuíram ao alto desempenho da krigagem o fato de esse interpolador considerar a dependência espacial entre os pontos amostrados.

CARVALHO et al. (2009), estimaram a precipitação pluvial anual média para o estado de São Paulo, a partir de 374 postos pluviométricos usando geoestatística. O modelo de ajuste do semivariograma utilizado por eles foi o “hole effect”. A melhor combinação foi obtida utilizando 16 vizinhos e distância máxima de 600 metros. Os autores argumentaram que os semivariogramas periódicos podem ter representado pequenos espaços com grande diferença de altitude, ou a variação entre as distâncias

dos pontos amostrados. Os autores advertiram que esses modelos podem não ter refletido a variabilidade espacial observada.

Porém, mesmo antes do advento da geoestatística, muitos trabalhos, hoje considerados clássicos, estimaram a chuva para o estado de São Paulo, com bastante êxito. O trabalho do meteorologista SETZER (1966), baseado observações climáticas e topografia é considerado até os dias atuais um dos melhores trabalhos de regionalização de chuvas.

O Atlas climático do estado de São Paulo, do geógrafo MONTEIRO (1973), também estimou com bastante acurácia a precipitação no estado de São Paulo, tanto na escala temporal de um ano quanto em médias de períodos maiores. Esse autor utilizou medidas de postos pluviométricos e altimetria, mas também considerou a circulação atmosférica regional em seus trabalhos, especialmente a contribuição dos sistemas polares como mecanismos promotores de precipitação.

Em trabalho anterior que analisava as chuvas de inverno, MONTEIRO (1969) já argumentava que os sistemas polares, como mecanismos produtores de chuvas só poderiam ser compreendidos em sua interação com os sistemas intertropicais e que a simples quantificação das invasões polares não era suficiente para entender a precipitação a ela associada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)

Foram utilizadas imagens da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da NASA (Agência Espacial Norte Americana) 9 folhas de 1°00'00'' de latitude por 1°30'00'' de longitude com resolução de 90 metros reamostrada para 30 metros. Na figura 4 é apresentado o diagrama de folhas utilizado:

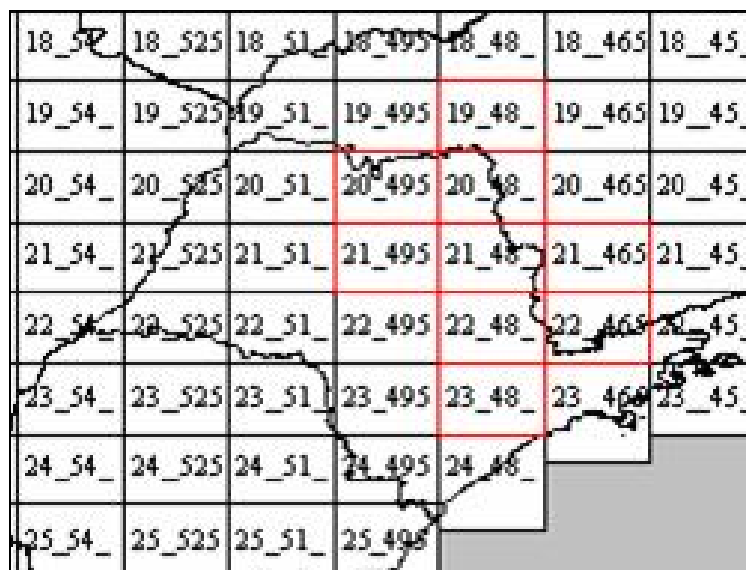


Figura 4 – Esquema de folhas utilizadas para a elaboração do Modelo Digital de Elevação. Adaptado de VALERIANO (2009).

Foi criado um sistema de coordenadas de latitude 19,00° S a 24,00° S e longitude de 45,00° W a 49,00° W. Datum e elipsóide WGS 1984.

Dessa forma, foi obtido um Modelo Digital de Elevação (MDE) para a área de estudo com a resolução correspondente.

3.2 Estimativa da Temperatura Média e Precipitação Total Mensais e Anual Normais

As temperaturas médias mensais para a região Mogiana foram estimadas considerando os postos meteorológicos listados na Tabela 4, que representam medições da Mogiana e áreas próximas.

Tabela 4 - Localização dos postos meteorológicos utilizados para estimar as temperaturas médias mensais para a região Mogiana.

Posto	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	Fonte	Período
Mococa	21,47	47,01	665	IAC	1961-1990
Campinas	22,93	47,08	574	IAC	1961-1990
Franca	20,55	47,43	1026	INMET	1961-1990
Campos do Jordão	22,73	45,58	1578	INMET	1961-1990
Monte Alegre do Sul	22,68	46,72	777	IAC	1961-1990
Ribeirão Preto	21,18	47,80	521	IAC	1961-1990
Limeira	22,53	47,45	639	IAC	1961-1990
São Simão	21,48	47,55	617	INMET	1961-1990
BambuÍ	20,00	45,98	661	INMET	1961-1990
Machado	21,67	45,92	873	INMET	1961-1990
São Lourenço	22,10	45,02	900	INMET	1961-1990
Araxá	19,57	46,93	1003	INMET	1961-1990

As temperaturas médias mensais foram estimadas por meio de regressão múltipla, considerando as variáveis independentes latitude, longitude e altitude, de acordo com a equação:

$$T_{\text{méd}} = a + b \cdot \text{alt} + c \cdot \text{lat} + d \cdot \text{long}$$

Onde:

a , b , c e d = coeficientes da equação

alt = altitude, em metros

lat = latitude, em graus decimais

long = longitude, em graus decimais

Foram coletados dados diários de precipitação pluvial em postos do Instituto Agrônômico (IAC) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), deve-se ressaltar que nem todos os dados corresponderam à normal climatológica (Tabela 5).

Tabela 5 – Localização dos postos pluviométricos utilizados para estimar a precipitação mensal para a Mogiana paulista.

Município	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	Fonte	Período
Aguaí	22,06	46,98	660	IAC	1961-1990
Altinópolis	20,83	47,31	740	IAC	1961-1990
Araxá	19,56	46,93	1004	INMET	1971-1990
Atibaia	23,13	46,55	805	IAC	1961-1990
Bambuí	20,00	45,98	661	INMET	1972-1990
Buritizal	20,23	47,73	725	IAC	1961-1990
Caconde	21,55	46,65	840	IAC	1961-1990
Campinas	22,93	47,08	574	IAC	1961-1990
Campos do Jordão	22,73	45,58	1578	IAC	1961-1990
Franca	20,55	47,43	1026	IAC	1961-1990
Itapira	22,45	46,83	630	IAC	1961-1990
Itatiba	23,00	46,83	750	IAC	1961-1990
Machado	21,67	45,92	873	INMET	1961-1990
Mato Dentro	19,03	43,43	652	INMET	1971-1990
Mococa	21,47	47,01	665	IAC	1961-1990
Mogi Mirim	22,52	46,95	588	IAC	1961-1990
Monte Alegre do Sul	22,68	46,72	777	IAC	1961-1990
Morungaba	22,88	46,80	795	IAC	1961-1990
Nazaré Paulista	23,98	46,40	880	IAC	1961-1990
Nuporanga	20,65	47,68	620	IAC	1961-1990
Orlândia	20,71	47,96	610	IAC	1961-1990
Ribeirão Preto	21,18	47,80	521	IAC	1961-1990
Pedreira	22,82	46,90	699	IAC	1961-1990
Pinhalzinho	22,76	46,60	915	IAC	1961-1990
Piracaia	23,05	46,35	879	IAC	1961-1990
São João da Boa Vista	21,96	46,81	730	IAC	1961-1990
São José do Rio Pardo	21,63	46,90	680	IAC	1961-1990
São Lourenço	22,10	45,02	900	INMET	1961-1990
São Simão	21,48	47,55	617	IAC	1961-1990
Serra Negra	22,61	46,76	920	IAC	1961-1990
Sta Cruz das Palmeiras	21,83	47,26	644	IAC	1961-1990
Sta Rita do Passa Quatro	21,75	47,46	715	IAC	1961-1990
Sta Rosa de Viterbo	21,41	47,36	610	IAC	1961-1990
Uberaba	19,75	47,92	743	INMET	1961-1990
Vargem	22,92	46,43	835	IAC	1961-1990

A precipitação foi estimada com base em dados mensais normais em Sistemas de Informações Geográficas utilizando-se o interpolador “média móvel”, com ponderador Inverso Quadrado da Distância, conforme descrito por CAMARGO et al. (2004) e WEBSTER & OLIVER (2001). Isto porque a pequena quantidade de dados não permitiu o uso de krigagem, e por ser a média móvel um interpolador de efeitos locais, que mantém a medida no ponto interpolado idêntica à que foi observada, e, especialmente, por não estimar valores acima ou abaixo dos valores observados (como ocorre com a krigagem).

3.3 Mapa de Qualidade Natural de Bebida de Café

3.3.1 Mapa de qualidade de bebida com base nas condições térmicas

A estimativa da qualidade natural de bebida de café foi feita utilizando-se as classes descritas por CAMARGO & CORTEZ (1998), baseadas em altitude (Tabela 2).

Para que fosse possível trabalhar com base em temperaturas, obteve-se a correlação da altitude com as temperaturas anuais (T_a). Assim, foi possível incluir uma classe de inaptidão por excesso de calor ($T_a > 24^\circ\text{C}$) e uma classe de inaptidão por elevado risco de geadas ($T_a < 17^\circ\text{C}$), apresentadas na tabela 7.

Tabela 6 – Classes de qualidade natural de bebida de café na Mogiana e respectivas altitudes

Qualidade natural de bebida	Temperaturas médias normais encontradas na Mogiana
Inaptidão por Calor	T Média Anual $> 24^\circ\text{C}$
Bebida Rio	T Média Anual $> 23^\circ\text{C}$
Bebida Dura	$21^\circ\text{C} < T \text{ Média Anual} < 23^\circ\text{C}$
Bebida Mole	$18^\circ < T \text{ Média Anual} < 21^\circ\text{C}$
Bebida Estritamente Mole	T média Anual $< 18^\circ\text{C}$
Inaptidão por risco de Geadas	T Média Anual $< 17^\circ\text{C}$

A temperatura média normal foi obtida com base em equação de regressão, dessa forma obteve-se o mapa preliminar de qualidade de bebida com base em condições térmicas.

3.3.2 Mapa de qualidade natural de bebida de café com base nas condições térmicas e hídricas

Para a inclusão das condições hídricas, foi proposta uma atualização do mapa de qualidade de bebida anterior, que incluía o fator hídrico nos meses de colheita. Para tanto, estimou-se a maturação para a cv. Catuaí (maturação média), de acordo com NUNES et al. (2009).

Para cada época de maturação obtida, foi calculado o balanço hídrico sequencial (CAD 125 mm), segundo a proposta de ROLIM et al. (1998) e consideradas como aptas todas as áreas que não apresentaram excedente hídrico. Na figura 5 é apresentado o esquema de elaboração do mapa de qualidade natural de bebida de café incluindo o fator hídrico.

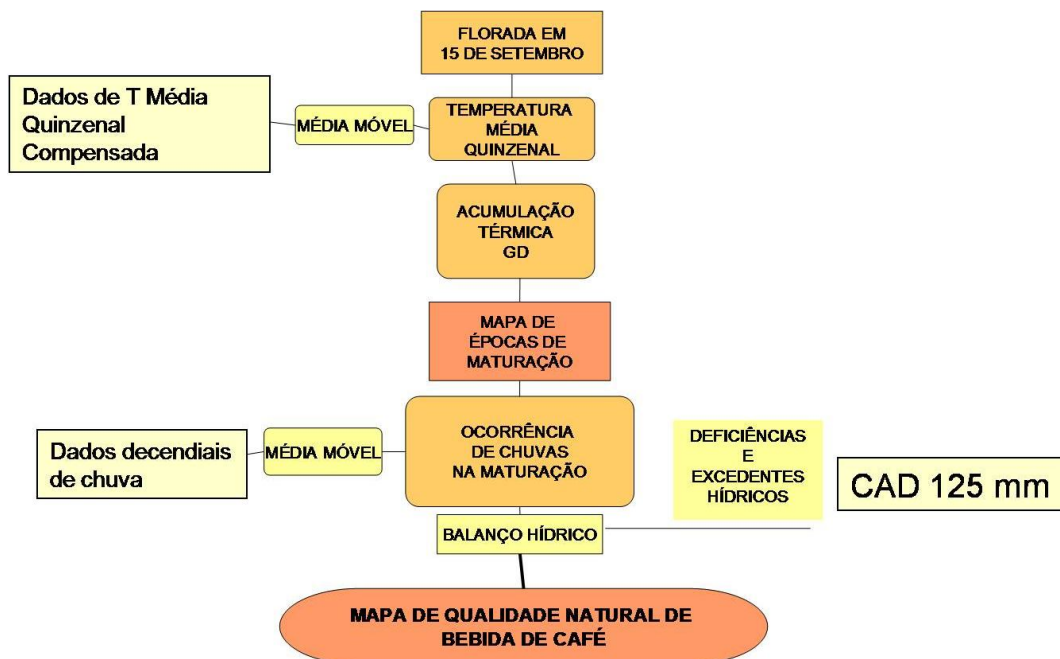


Figura 5 – Organograma de elaboração do mapa de Qualidade Natural de Bebida de café

3.4 Maturação de Diferentes Cultivares de Café

Foram consideradas três diferentes cultivares de café Arábica com as seguintes características de acordo com (FAZUOLI et al., 2007):

cv. IAC-Mundo Novo, possui alta capacidade de adaptação, dando boas produções em quase todas as regiões cafeeiras do Brasil, com porte alto, vigoroso, apresenta frutos vermelhos de maturação precoce e ótima qualidade da bebida.

IAC-Catuai, tem ampla capacidade de adaptação, com porte baixo, indicado para plantios adensados ou em renque. Apresenta frutos amarelos ou vermelhos de maturação média e ótima qualidade da bebida.

IAC-Obatã 1669-20, de porte médio, boa qualidade da bebida e maturação tardia.

A estimativa das épocas de maturação das cultivares foi baseada na proposta de NUNES et al. (2009), considerando dados normais mensais de temperatura do ar de 12 localidades da Mogiana Paulista e áreas adjacentes (Tabela 4), representativas da área em questão.

As equações de temperaturas médias mensais foram aplicadas ao Software Ilwis 3.4, onde a altitude foi obtida a partir da base topográfica SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), de acordo com VALERIANO (2009), com a resolução espacial de 30 metros. A data da florada foi fixada no dia 15 de setembro, que corresponde à maior frequência de floradas na região (CAMARGO & CAMARGO, 2001). O somatório de graus-dia foi feito sobre temperatura-base de 10,2° C de acordo com PEZZOPANE et al. (2008). Para que o software pudesse trabalhar com mais eficiência, a resolução dos mapas foi reduzida para 1' utilizando-se o método de interpolação do “vizinho mais próximo”.

Os graus-dias foram somados por quinzenas até que os primeiros pixels atingissem a acumulação necessária para o complemento da fase floração-maturação das diferentes cultivares de acordo com NUNES et al. (2009). A partir de então, cada mapa quinzenal foi classificado em grãos verdes ou maduros. A contagem de GDs seguiu até a última quinzena do mês de agosto, e então foi feita álgebra de mapas, obtendo-se apenas um mapa com diferentes datas de maturação.

3.5 Estimativa das Temperaturas Médias Quinzenais e Chuvas Totais Decendiais (2000-2008)

Foram coletadas informações de temperaturas máximas e mínimas diárias de diferentes postos da região (Tabela 7) e calculadas as médias aritméticas. Posteriormente, foi subtraído 0,6 °C das médias, para que essas se aproximassem das médias ponderadas e dessa forma pudessem ser comparadas com as médias mensais e anuais. (SENTELHAS et al., 1997 apud PEREIRA et al., 2002).

Tabela 7 – Localização dos postos meteorológicos utilizados para estimar as temperaturas médias quinzenais e precipitação total decendial na Mogiana no período 2000 a 2008.

Posto	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	Fonte	Período
Barretos	-20,57	-48,57	550	IAC	2000-2008
Bragança Paulista	-22,96	-46,55	855	IAC	2000-2008
Campinas	-22,93	-47,08	574	IAC	2000-2008
Casa Branca	-21,78	-47,12	721	IAC	2000-2008
Cristais Paulista	-20,41	-47,41	992	IAC	2000-2008
Franca	-20,55	-47,43	1026	INMET	2000-2008
Limeira	-22,53	-47,45	656	IAC	2000-2008
Mococa	-21,47	-47,01	665	IAC	2000-2008
Monte Alegre do Sul	-22,68	-46,72	777	IAC	2000-2008
Piracaia	-23,05	-46,35	879	IAC	2000-2008
Ribeirão Preto	-21,18	-47,80	521	IAC	2000-2008
São Simão	-21,48	-47,55	617	INMET	2000-2008
Vargem	-22,92	-46,43	835	IAC	2000-2008

Os dados de temperatura e precipitação foram exportados para o Sistema de Informações Geográficas, onde foram georreferenciados e interpolados.

Como as estimativas de temperaturas e precipitação foram feitas para períodos inferiores a um mês e havia pequena quantidade de dados à disposição, optou-se por utilizar o interpolador “média móvel” em Sistema de Informações Geográficas. A mesma metodologia foi adotada para estimativa de precipitação.

Os dados quinzenais estimados de temperaturas foram correlacionados com dados quinzenais observados de quatro postos próximos do INMET (Instituto Nacional

de Meteorologia), que, por apresentarem muitas falhas de dados não puderam ser utilizados nas estimativas.

3.6 Estimativa da Qualidade de Bebida Ano a Ano

Como primeiro teste foi escolhido o ano agrícola 2001/2002, considerado atípico, por apresentar temperaturas do ar muito acima da normal climatológica na região. Estimou-se a maturação da cv. Catuaí para a área com base em acumulação térmica e considerou-se a florada principal no dia 15 de setembro de 2001.

De posse das diferentes datas de maturação do café, cada uma das épocas de maturação foi cruzada com seus respectivos mapas decendiais de excedentes hídricos. Portanto, para cada quinzena de maturação foram considerados dois decêndios de excedentes hídricos e todas as áreas que apresentaram excedentes foram consideradas inaptas.

3.7 Dados de Qualidade Natural de bebida de café

Foram organizados dados de qualidade de bebida (considerando prova de xícara, análise sensorial e defeitos) da Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé (Cooxupé).

Como os dados da cooperativa eram classificados em mais de 40 classes diferentes, esses foram agrupados, com o auxílio de profissionais da Cooperativa, para formar apenas 6 classes, conforme apresentado na Tabela 8. Todos os dados referentes à qualidade de bebida de cafés cereja descascados e despulpados foram desconsiderados.

Tabela 8 – Classificação de qualidade de bebida de café adotada com base na classificação de qualidade da Cooxupé

Classificação Adotada	Classificação Cooxupé
Grupo bebida Rio	Agrupadas as classes café barrento, chuvado, bebida rio
Grupo bebida Riada-Rio	Cafés aspecto fraco, bebida riada
Grupo bebida Riada	Cafés de aspecto regular com xícaras riadas
Grupo bebida Dura	Todos os cafés do grupo “bebida dura”
Grupo bebida Mole	Consideradas todas as classes de bebida “dura para melhor”,
Grupo Grãos verdes	Classe “dura para melhor – grãos verdes”

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

4.1. Correlação entre Altitude e Temperatura Média Normal

O Modelo Digital de Elevação da região Mogiana, apresentado na figura 6 é bastante ilustrativo quanto à grande variação topográfica regional, apresentando áreas de altitudes inferiores a 500 metros nos vales dos rios e áreas com altitudes superiores a 1200 metros nos pontos mais elevados da serra da Mantiqueira.

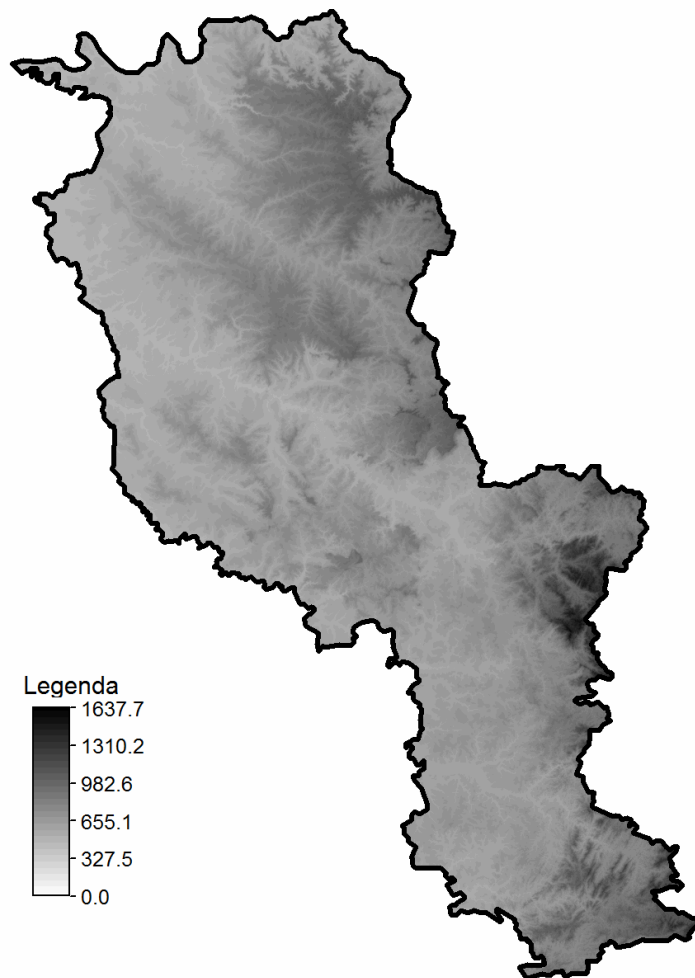


Figura 6 – Modelo Digital de Elevação na Região Mogiana do estado de São Paulo

Na Figura 7 é apresentada a correlação entre temperaturas médias anuais e altitudes para diferentes localidades da região Mogiana do estado de São Paulo.

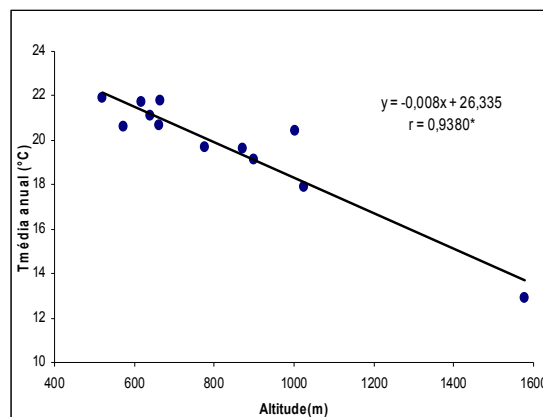


Figura 7 – Correlação entre a temperatura média anual (° C) e a altitude (m) para diferentes localidades da região Mogiana do estado de São Paulo

Na Figura 7 pode-se verificar alta (0,93) correlação entre temperatura média anual e altitude, justificando a possibilidade de transformar as classes de altitude propostas por CAMARGO & CORTEZ (1998) em classes de temperatura média anual, visto que as variáveis se comportam de modo muito semelhante.

4.2 Coeficientes das equações de Regressão Múltipla de estimativa das Temperaturas médias mensais

Os parâmetros das equações de estimativa de temperaturas médias normais mensais e anual (a, b e c) e os coeficientes de determinação (R^2) da regressão múltipla são apresentados na Tabela 10.

Tabela 9 - Valores a, b e c das equações de estimativa de temperaturas médias normais para a Mogiana paulista

	a	b	c	R²
JAN	28,57	-0,0080	ns	0,91
FEV	28,72	-0,0081	ns	0,85
MAR	28,30	-0,0081	ns	0,88
ABR	35,56	-0,0068	-0,4580	0,91
MAI	40,15	-0,0069	-0,7661	0,94
JUN	22,88	-0,0080	ns	0,79
JUL	23,43	-0,0090	ns	0,80
AGO	40,71	-0,0080	-0,7439	0,86
SET	26,87	-0,0088	ns	0,81
OUT	43,26	-0,0077	-0,7418	0,95
NOV	37,51	-0,0077	-0,4544	0,93
DEZ	27,70	-0,0075	ns	0,86
ANO	36,05	-0,0077	-0,4614	0,93

Onde:

a = parâmetro de altitude (metros)

b = parâmetro latitude (graus decimais)

c = parâmetro de longitude (graus decimais)

R² = Coeficiente de Determinação

ns = não significativo a 95% de probabilidade

A variável longitude não foi significativa a 95% de probabilidade na maioria dos meses. Portanto, optou-se por não considerar essa variável na estimativa de temperaturas médias normais, já que não há prejuízo no coeficiente de determinação dos meses onde a variável foi significativa. O fato de a variável longitude não ter sido significativa era esperado, já que a área em questão se estende mais no sentido N-S que no sentido E-W.

Os coeficientes de determinação obtidos foram bastante satisfatórios (sempre maiores que 0,8) e superiores aos encontrados por PINTO et al. (1972) para o estado de São Paulo. Essa diferença é devida principalmente à melhor série de dados utilizada (todos os postos dispunham das normais climatológicas) enquanto o trabalho dos referidos autores dispunham de séries de apenas 8 anos, o que pode ter intensificado a influência de eventos extremos no conjunto de dados.

Como no trabalho de PINTO et al. (1972) o mês de julho foi o que apresentou menor coeficiente de determinação. Porém, enquanto os autores justificaram essa ocorrência pela má localização de alguns postos meteorológicos, justificamos o menor coeficiente de correlação para o mês de julho obtido nesse trabalho pela dinâmica das massas de ar, especialmente a massa (ou sistema) Polar Atlântica (mPA) que atua fortemente nesse período do ano no estado de São Paulo. Segundo MONTEIRO (1969), as invasões polares são condicionadas pelo abastecimento de ar frio a sul do continente americano, e os anticiclones ali formados investem para o norte, mas sua evolução depende do seu encontro com sistemas intertropicais, formando sistemas frontais.

4.3 Estimativa das Épocas de Maturação de Diferentes Cultivares de Café

Nas figuras 8 a 10 são indicadas as épocas prováveis de maturação do café arábica cvs. Mundo Novo, Catuaí e Obatã, considerando o atendimento das exigências térmicas (GD) estimadas em função das temperaturas normais na região Mogiana Paulista.

O café Mundo Novo alcança normalmente a maturação principalmente na segunda quinzena de abril e primeira quinzena de maio. ORTOLANI et al. (2001) indicaram para as tradicionais regiões cafeeiras da Mogiana a maturação nos meses julho-setembro para a cultivar Mundo Novo.

A cultivar Catuaí apresenta maturação principalmente nos meses de junho-agosto, o que condiciona qualidade de bebida superior, já que normalmente na região esses meses são mais secos. Para essa mesma cultivar de café, ORTOLANI et al. (2001) estimaram para a Mogiana paulista a maturação principalmente nos meses de agosto e setembro.

Essa diferença entre as estimativas ocorreu porque os autores utilizaram um soma térmica considerando 3500 GDs, enquanto neste trabalho o valor foi fixado em 2900 GDs para a cv. Mundo Novo e 2990 GDs para a cv. Catuaí, de acordo com NUNES et al. (2008).

A maturação do café Obatã ocorre majoritariamente entre os meses de julho-setembro, época normalmente fria e seca.

A oeste da área, a baixa altitude condiciona maturação mais precoce, no mês de abril, quando há grande probabilidade de ocorrência de chuvas.

Se a maturação mais tardia dos frutos de café condiciona melhor qualidade de bebida, como argumentaram CAMARGO & CORTEZ (1998), o café cv. Obatã é o que tem potencial de qualidade de bebida superior. Porém, nas regiões mais altas e frias da Serra da Mantiqueira, a maturação desta cultivar é demasiado atrasada, ocorrendo em setembro, o que aumenta o risco de chuvas, e até mesmo de uma florada ocorrer antes do término da colheita. Por outro lado, muitas dessas áreas apresentam-se como Áreas de Preservação Permanente, onde a agricultura é proibida por lei.

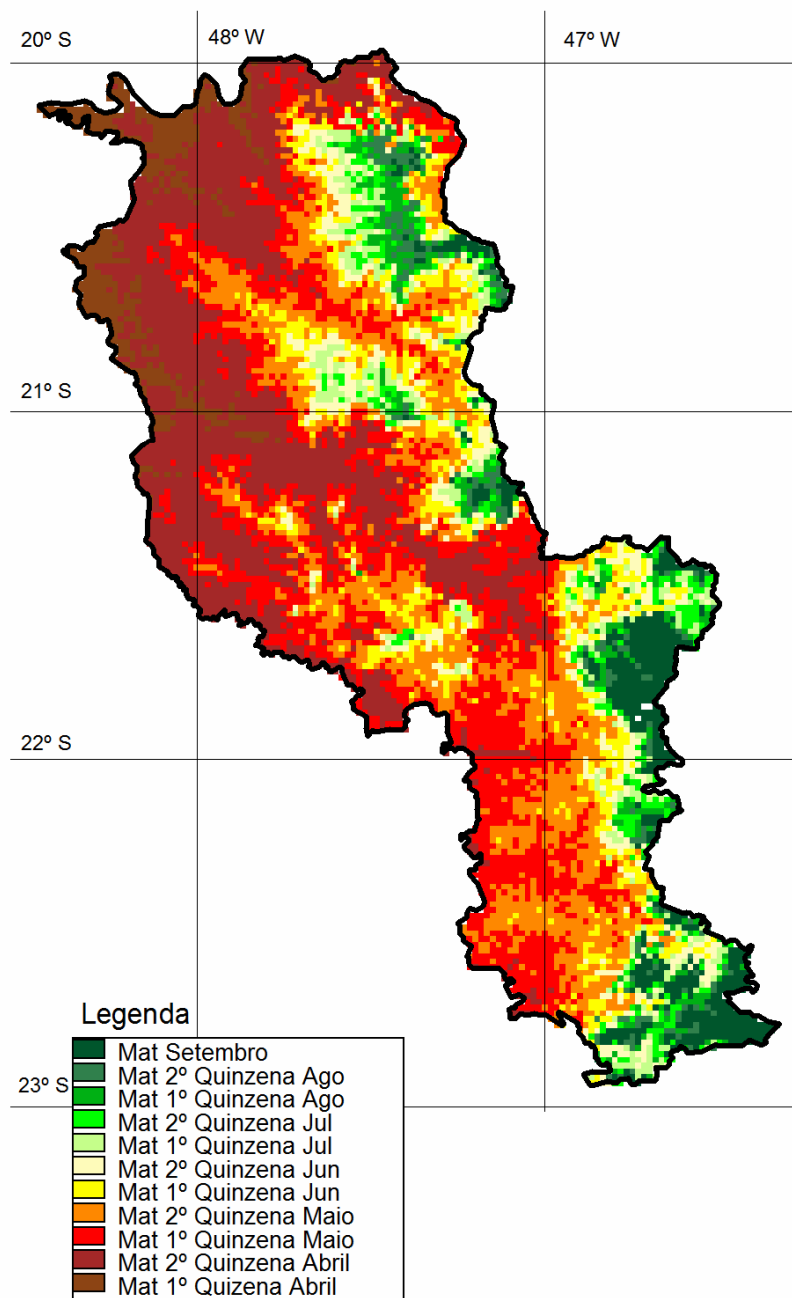


Figura 8 – Estimativa das épocas de maturação da cultivar de café Mundo Novo.

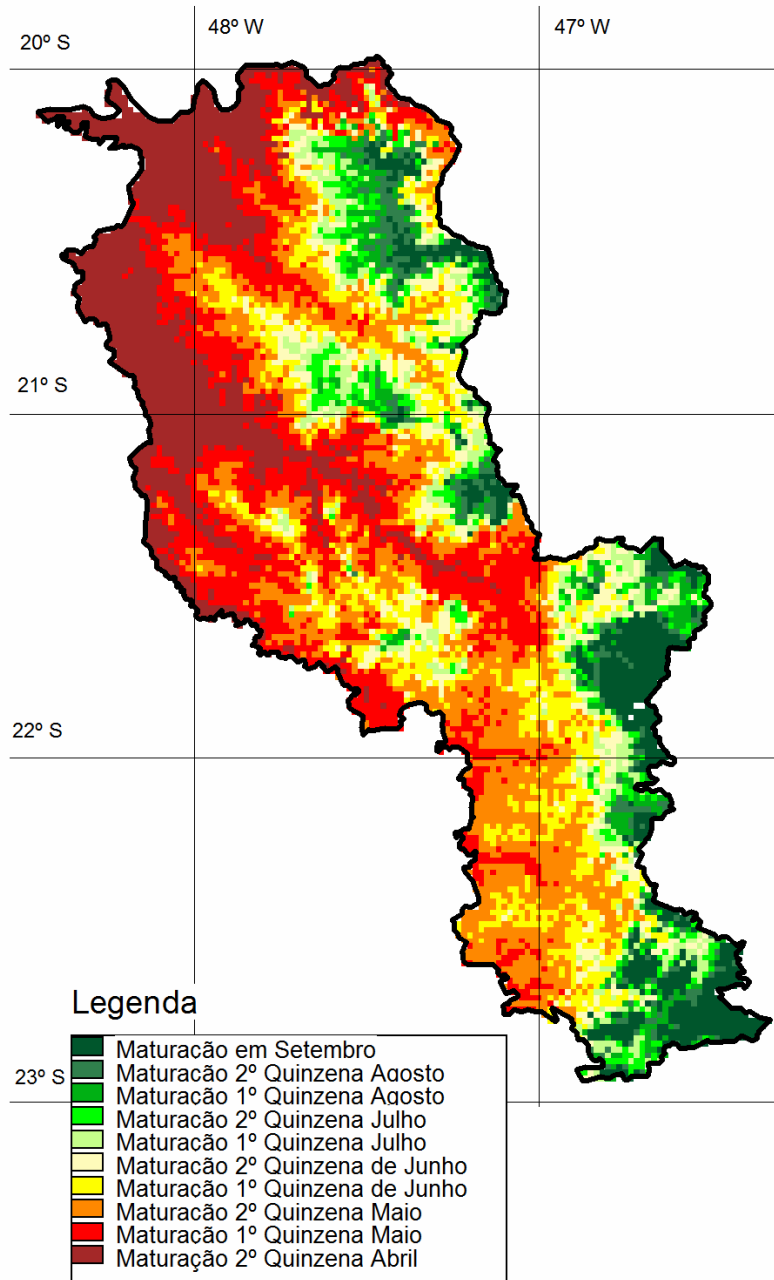


Figura 9 – Estimativa das épocas de maturação da cultivar de café Catuaí.

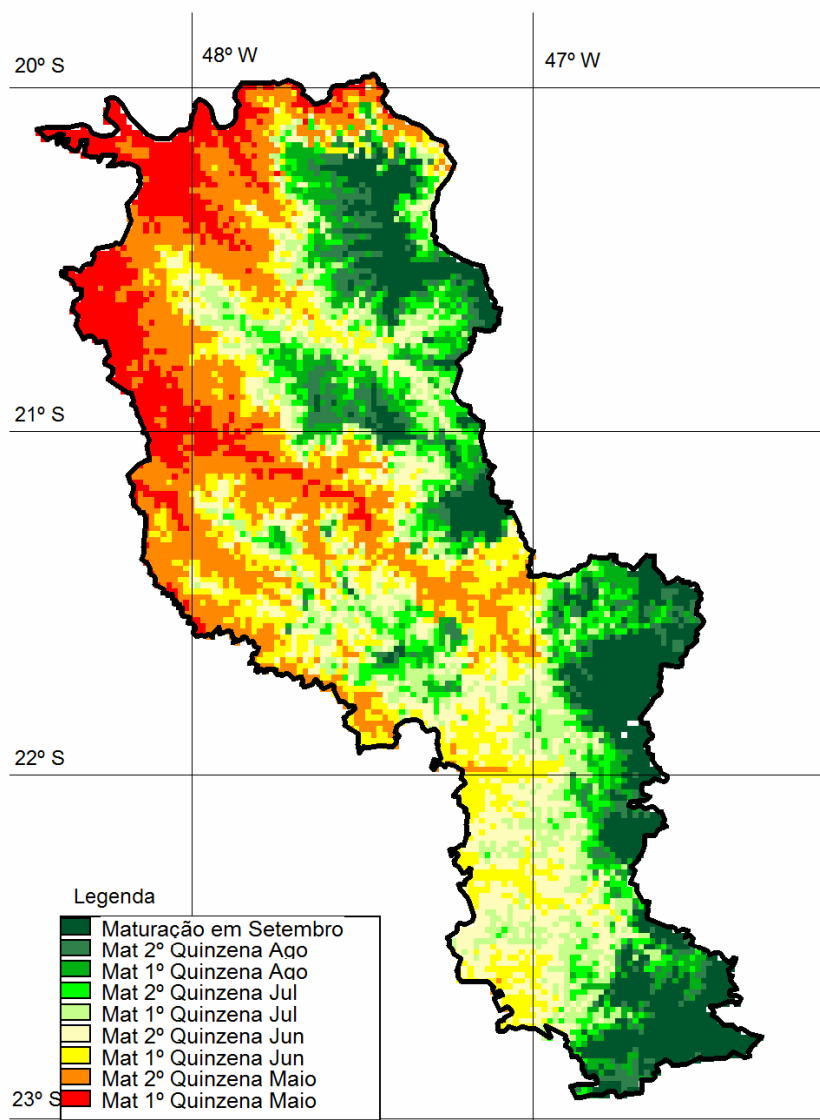


Figura 10 – Estimativa das épocas de maturação da cultivar de café Obatã.

4.4 Caracterização Pluviométrica do Outono-Inverno na Mogiana Paulista

É apresentada na Figura 11 uma espacialização das condições pluviométricas mensais normais da região Mogiana Paulista

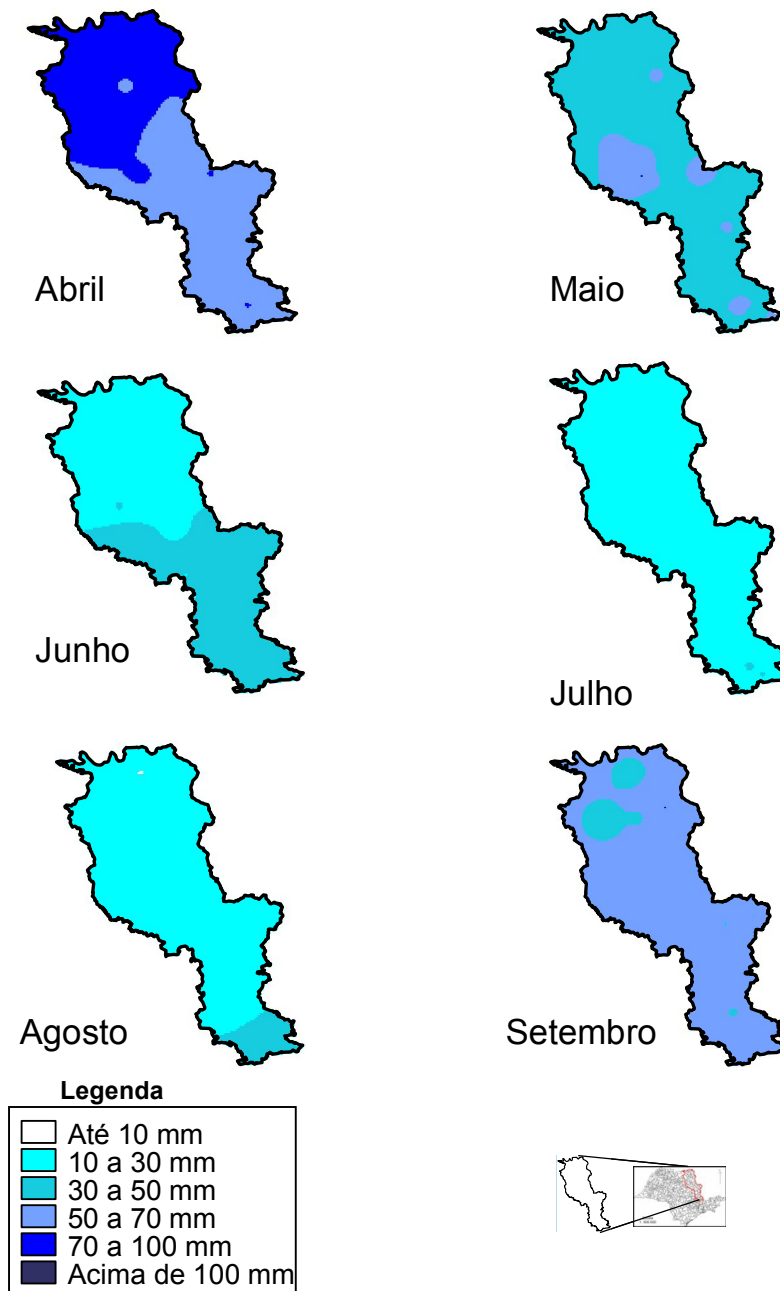


Figura 11 – Precipitação pluviométrica mensal normal dos meses de outono-inverno na região Mogiana Paulista

Devido à grande variabilidade espacial das chuvas, especialmente nos meses de outono-inverno, e à pouca quantidade de dados utilizada (apenas 37 postos), a estimativa da precipitação pluvial mensal na região foi limitada.

Porém, quando os resultados obtidos são comparados a trabalhos clássicos de climatologia, observa-se grande correspondência entre eles. Baseado no mapeamento das condições de chuva realizado pode-se inferir uma dinâmica das precipitações de outono-inverno na região: no início do outono (abril) ainda há um grande potencial de chuvas na Mogiana, com totais acima de 50 mm. Observa-se uma clara diferença entre as áreas norte e sul da Mogiana (Figura 9), com norte mais chuvoso (acima de 70 mm) que o sul (entre 50 e 70 mm). O trabalho clássico do DAEE (1972) não indica duas regiões com comportamento distinto, mas apresenta chuvas em torno de 60 a 80 mm para o mês de abril na área.

No mês de maio, o potencial de chuvas diminui bastante, e na maior parte da Mogiana as precipitações ficam em torno de 30 a 50 mm, com algumas “ilhas” mais chuvosas. O Atlas do DAEE (1972) indica precipitações em torno de 45 mm para a maior parte da Mogiana, com um leve aumento (chegando a 60 mm de chuva) na serra da Mantiqueira.

Junho apresenta chuvas mais abundantes no sul da área que no norte. O trabalho do DAEE apresenta características similares às encontradas nesse trabalho.

Julho e agosto são os meses mais secos da série e toda a região apresenta precipitação entre 10 e 30 mm. Já o trabalho do DAEE (1972) para esses meses apresenta resultados bastante próximos.

Setembro apresenta “ilhas” de menor pluviosidade no norte que no sul, o que também está de acordo com o trabalho do DAEE, que mostra chuvas em torno de 50 mm na maior parte da área e chuvas menos abundantes no norte (região de Franca e Ribeirão Preto), com precipitações em torno de 40 a 50 mm

O trabalho de SETZER (1966) apresenta um mapa síntese do semestre seco para o estado de São Paulo, no qual a Mogiana apresenta um comportamento de aumento de chuvas do norte (Franca com chuvas em torno de 200 mm) para o sul (São João da Boa Vista em torno de 250 mm). O mesmo trabalho apresenta um mapa de chuvas de julho, com precipitações na Mogiana entre 10 e 30 mm.

MONTEIRO, (1973) apresenta mapas de tendência quantitativa média para o estado de São Paulo entre 1941 e 1957, nos quais no período de outono, a Mogiana não apresenta grandes diferenças regionais, ficando toda a área com 300 mm de chuva. Para

o inverno, o trabalho de MONTEIRO (1973) indica o norte da região mais seco, ficando gradativamente mais úmido para o sul.

Em geral, o mapeamento da precipitação de outono-inverno ficou de acordo com trabalhos clássicos da literatura sobre chuvas no estado de São Paulo, evidenciando a consistência das estimativas.

4.5 Qualidade Natural de Bebida de Café

4.5.1 Qualidade natural de bebida de café considerando apenas o fator térmico

O mapa de qualidade natural de bebida de café indica que a maior parte da Mogiana apresenta condições favoráveis à qualidade de bebida superior (Figuras 12 e 13). As áreas mais elevadas da serra da Mantiqueira (São Sebastião da Gramma) apresentam elevado risco de geadas, sendo essas áreas margeadas por estreitas faixas com potencial de bebida estritamente mole (Figura 12). À oeste da Mogiana, a baixa altitude (em torno de 500 metros) condiciona temperaturas mais elevadas, o que deteriora a qualidade natural de bebida de café, condicionando bebida dura, havendo uma pequena área, que representa 0,5 % da área total, (Figura 13) no extremo noroeste (região de Igarapava) com potencial de qualidade inferior (rio), pois apresenta baixa altitude, inferior a 500 metros, porém a Mogiana não apresenta restrição por excesso de calor.

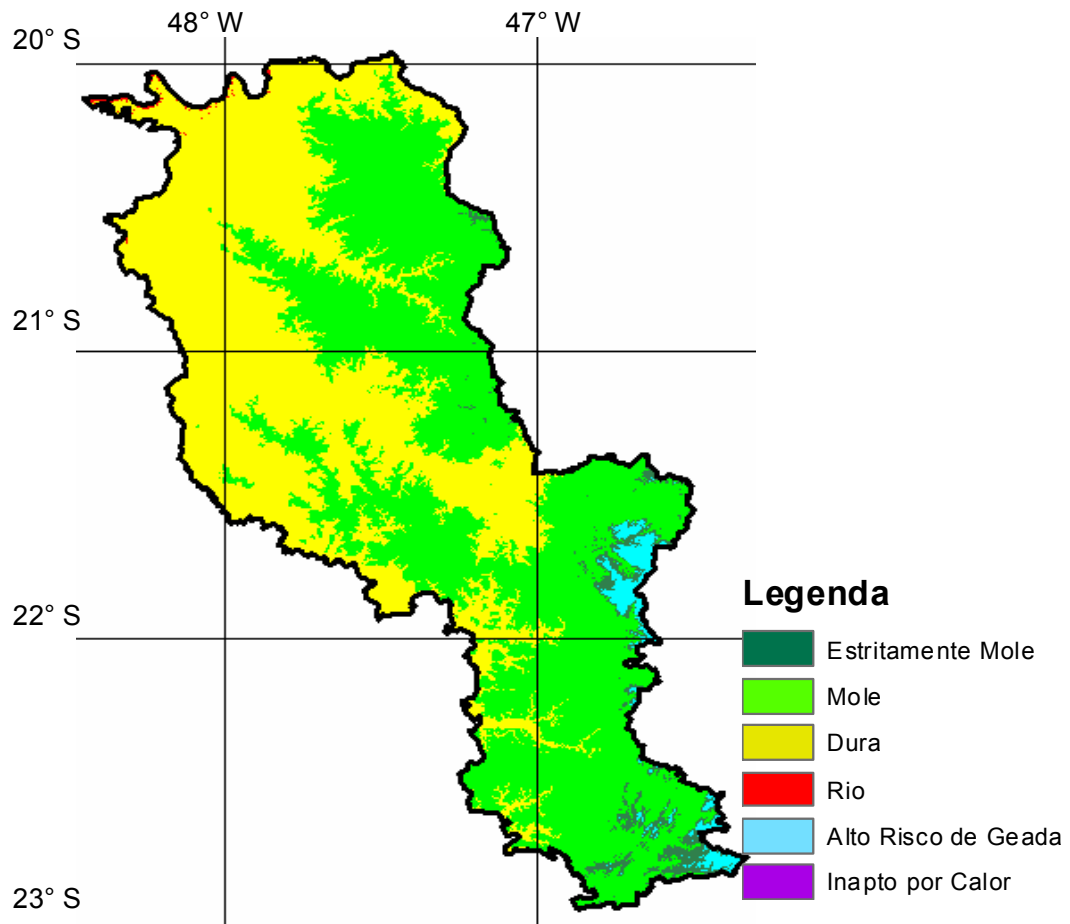


Figura 12 – Mapeamento da qualidade natural de bebida de café da Mogiana Paulista considerando apenas o fator térmico

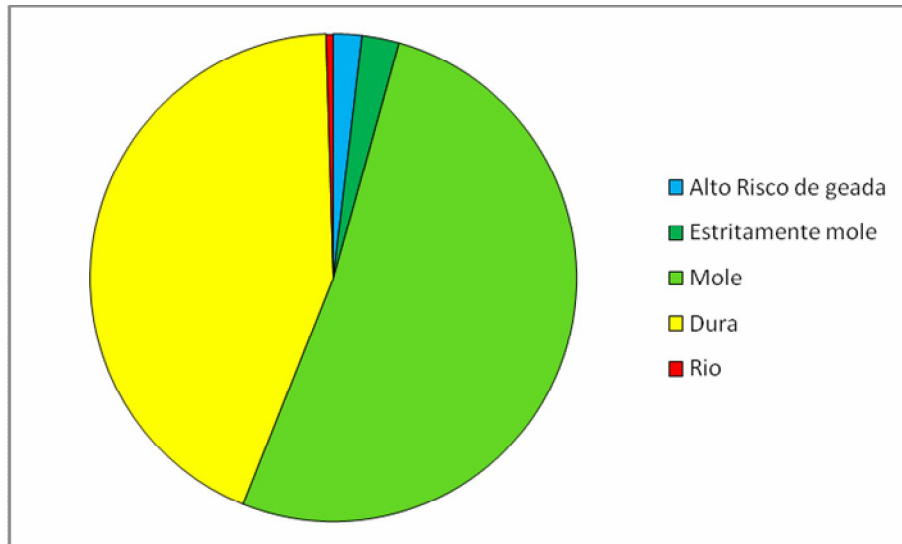


Figura 13 – Porcentagem da área da Mogiana Paulista com aptidão para diferentes qualidades de bebida

4.5.2 Qualidade natural de bebida de café considerando os fatores térmicos e hídricos

A proposta de atualização do trabalho de CAMARGO & CORTEZ (1998) é apresentada na Figura 12. Observa-se que, comparado ao mapeamento anterior (Figura 10), que considerava apenas o fator térmico, este mapa apresenta-se mais restritivo. A precipitação foi considerada elemento prejudicial à qualidade de bebida durante a maturação, portanto, em locais sem excedente hídrico a qualidade de bebida não foi prejudicada, portanto foram considerados “aptos”. Já locais com ocorrência de excedentes hídricos induzem à significativa redução no potencial de qualidade, e foram considerados “inaptos”. Em geral, locais que apresentavam potencial de bebida mole considerando-se apenas o fator térmico (Figura 10) passaram nesse caso a ter potencial de qualidade de bebida inferior e locais que apresentavam potencial de bebida dura passaram a ter potencial de bebida pior.

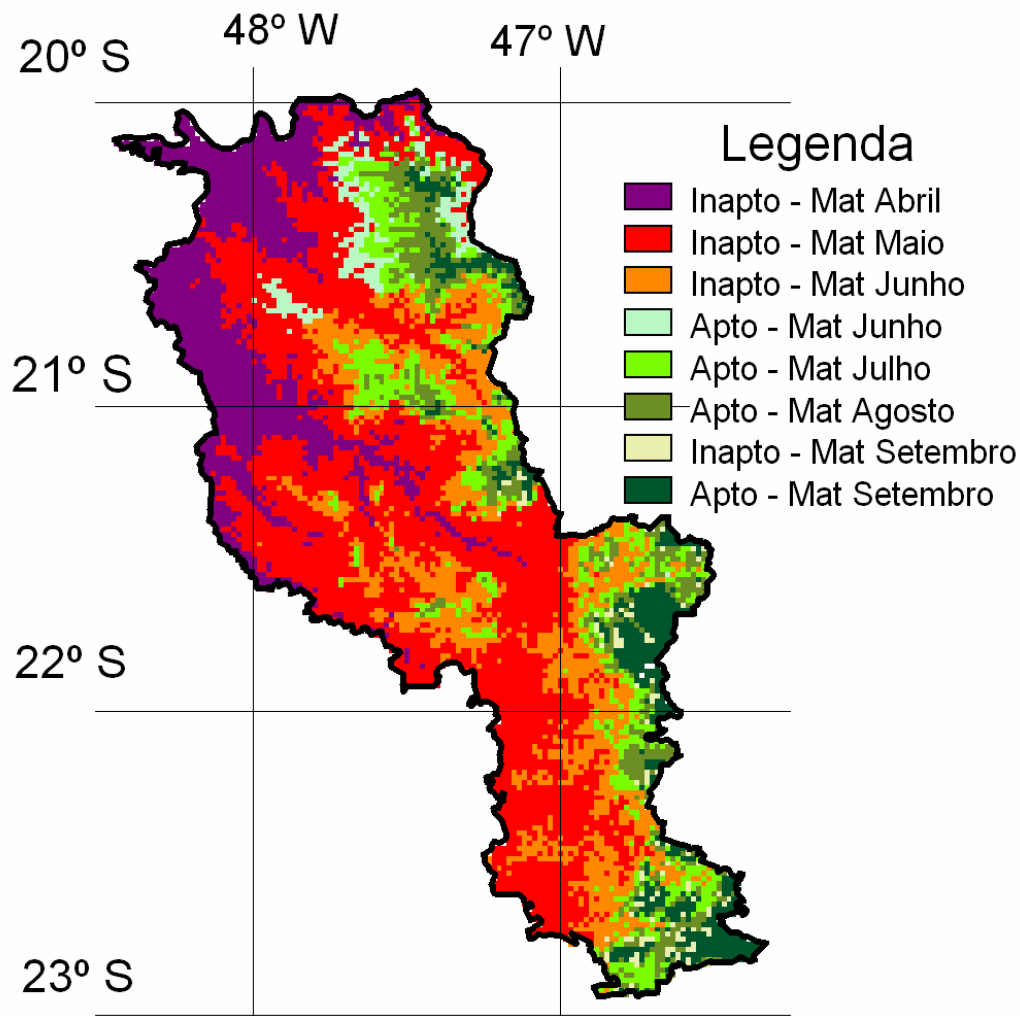


Figura 14 – Proposta de mapeamento de qualidade natural de bebida de café, considerando os fatores térmicos e hídricos.

A inclusão do fator hídrico ilustra claramente o quanto as regiões mais quentes da Mogiana (locais onde a maturação é antecipada) são influenciadas negativamente pelas chuvas de outono. Nos locais mais altos, onde a maturação é atrasada, a precipitação não tem influência negativa sobre a qualidade de bebida, já que essa fase coincide com os meses mais secos do ano, excetuando-se as áreas extremamente altas, onde a maturação plena só ocorre em setembro, o que prejudica a qualidade de bebida, já que uma florada pode se sobrepor à maturação do café. Quando comparado à Figura 10, que apresenta os argumentos de CAMARGO & CORTEZ (1998), observa-se que

essas áreas são ali apresentadas como de alto risco de geadas. Segundo PEREIRA et al. (2008) em áreas com temperatura média inferior a 17° C as plantas não conseguem completar o ciclo fenológico antes da florada seguinte, e não haverá período de repouso para a indução de novas gemas florais. Além disso, segundo os autores, a colheita desses grãos prejudicará a safra seguinte. Portanto, áreas que se apresentam aptas com maturação em setembro devem ser consideradas com muita cautela, já que o risco de chuvas é bastante elevado nessas áreas e o risco de geadas é alto, como ilustrado na Figura 10.

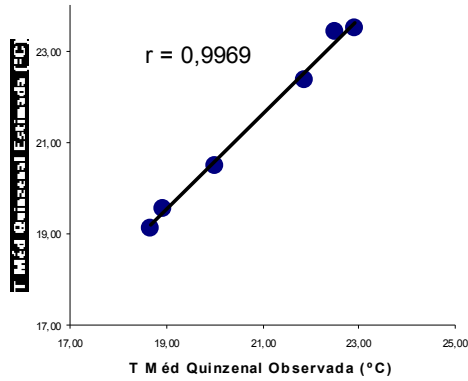
Desse modo, evidencia-se a validade das proposições de CAMARGO & CORTEZ (1998), que, apesar de não terem incluído nenhum valor referente à precipitação argumentaram que a ocorrência de chuvas era fator determinante para a qualidade inferior de bebida, especialmente em áreas com altitudes inferiores a 500 metros, o que foi comprovado por outra metodologia, apresentada na Figura 12.

4.6 Estimativa das Temperaturas Médias Quinzenais e Totais Decendiais de Precipitação

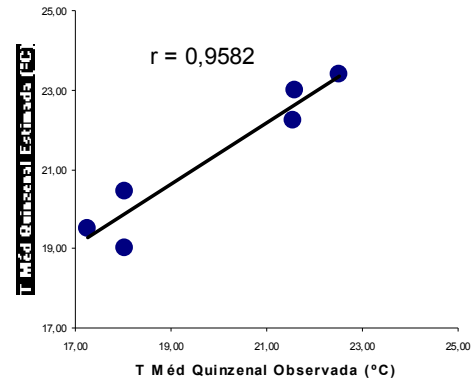
Para a avaliação da qualidade natural de bebida de café no período de 2000 a 2008 foi necessária a utilização de valores de temperaturas médias do ar em períodos inferiores a um mês. Portanto, as temperaturas foram interpoladas em Sistemas de Informações Geográficas. As temperaturas médias quinzenais estimadas foram comparadas às temperaturas médias quinzenais observadas em 4 postos meteorológicos no ano de 2002. Isto porque esses postos apresentavam falhas em vários meses e por isso não foram considerados para efetuar as estimativas.

Obteve-se elevado coeficiente de correlação (acima de 0,9 para todos os municípios avaliados), evidenciando a confiabilidade das estimativas, como demonstrado na Figura 15, mesmo alguns deles estando em locais onde houve deficiência de postos, como Araxá e Bambuí, ambos a aproximadamente 20,00° latitude Sul.

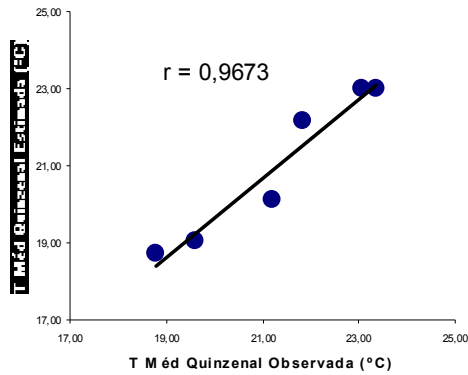
O alto coeficiente de determinação para o município de Franca pode ser considerado bastante satisfatório, especialmente dada a altitude do posto meteorológico no município, acima de 1000 metros



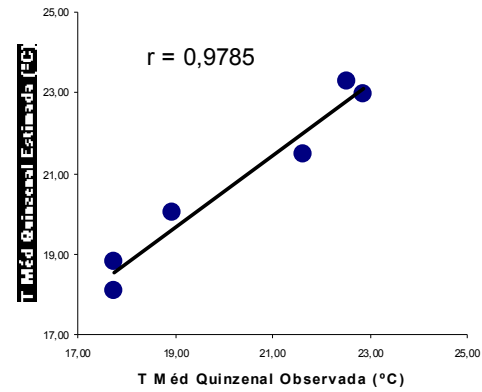
a



b



c



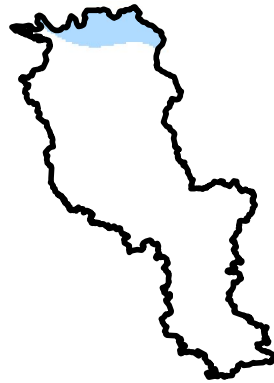
d

Figura 15 – Correlação entre temperaturas médias quinzenais observadas e estimadas no ano de 2008. a) Araxá, b) Bambuí, c) Franca e d) Machado.

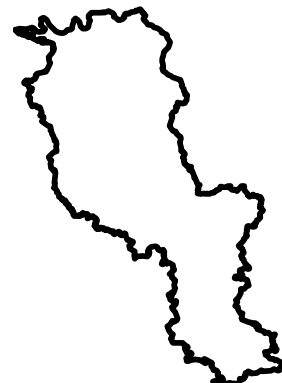
Além disso, foram elaborados mapas de totais decendiais de precipitação para a região Mogiana para os meses de outono-inverno (abril a agosto) para o período de 2000 a 2008. São apresentados nas Figuras 14 e 15 exemplos desses mapeamentos decendiais, referentes ao ano de 2002.



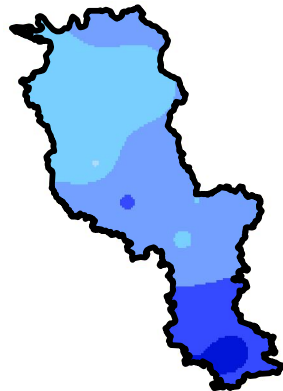
1º Decêndio Abril



2º Decêndio Abril



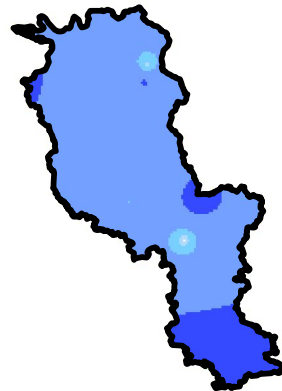
3º Decêndio Abril



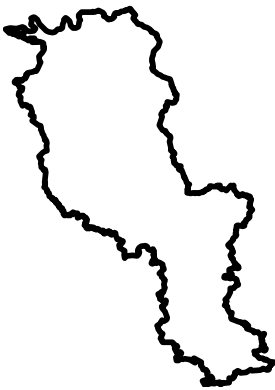
1º Decêndio Maio



2º Decêndio Maio



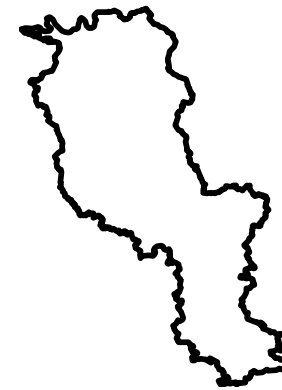
3º Decêndio Maio



1º Decêndio Junho



2º Decêndio Junho



3º Decêndio Junho

Legenda (mm)

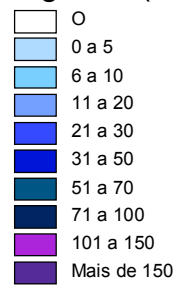


Figura 16 – Chuva total decendial dos meses de abril a junho na Mogiana paulista do ano de 2002

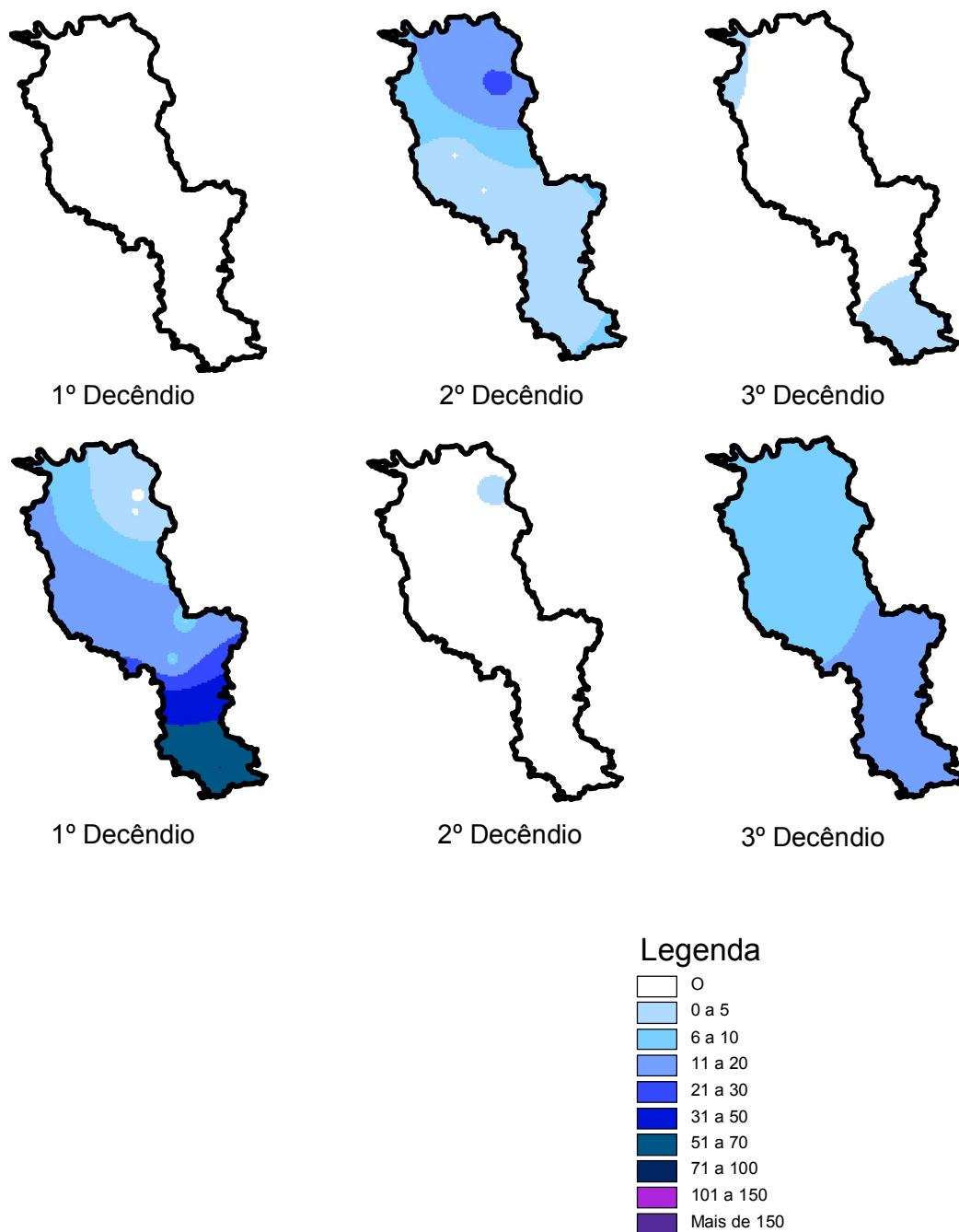


Figura 17 – Chuva total decendial dos meses julho e agosto na Mogiana paulista do ano de 2002

4.7 Estimativa de Qualidade Natural de Bebida de Café na Mogiana Paulista do ano de 2002

O mapeamento de estimativa de qualidade natural de bebida de café para o ano de 2002 (de baixa qualidade de bebida) considerando os fatores térmico e hídrico é apresentado na Figura 18.

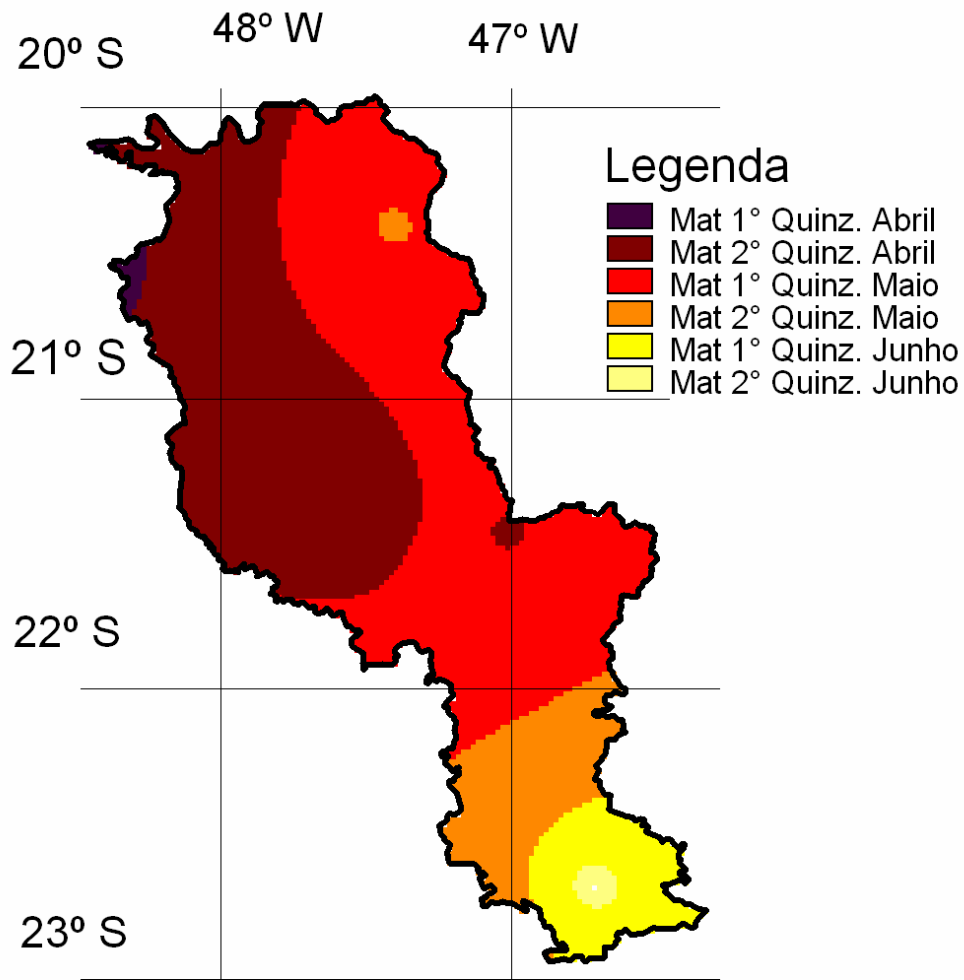


Figura 18 - Estimativa da qualidade natural da bebida de café na Mogiana para o ano de 2002 considerando as condições térmicas e hídricas

Em relação às condições térmicas, o mês de abril de 2002 apresentou temperaturas médias decendiais muito elevadas, superiores a 22° C (limite superior de aptidão climática), que prejudicou a maturação, antecipando-a.

Quando comparado ao mapa elaborado para a normal climatológica, observa-se uma clara antecipação na maturação: Normalmente, o café Catuaí iniciaria a maturação na primeira quinzena de maio na Mogiana, mas em 2002 a maturação iniciou já na primeira quinzena de abril, ou seja, devido a altas temperaturas, a maturação foi antecipada em um mês.

A condição hídrica favorável em todos os decêndios refletiu a condição de deficiência hídrica ocorrida no ano, como discutido por CAMARGO (2002), que avaliou as condições agroclimáticas dos cafeeiros no ano de 2002 e concluiu que as temperaturas dos meses dos meses de outono (março a junho), períodos com acentuada deficiência hídrica e elevadas temperaturas do ar, aproximadamente 3° C acima da normal nas regiões cafeeiras de São Paulo e sul de Minas Gerais. Essas adversidades climáticas afetaram a fenologia do cafeeiro, especialmente a fase da granação e final da maturação dos frutos. Essas adversidades levaram a uma redução considerável a uma redução da fase de plena maturação (cereja), passando rapidamente da fase de cereja imaturo (verde) para frutos “passa” prejudicando a colheita. Esse ciclo curto de maturação, menor de quinze dias, afetou os parâmetros físicos da bebida, produzindo bebida dura fermentada em grande escala.

Apesar de a condição hídrica ter sido “favorável”, o que não provocaria fermentações indesejáveis, é importante destacar que ORTOLANI et al. (2000), destacaram que temperaturas altas reduzem o ciclo floração-maturação, o que afeta a translocação de compostos fenólicos do interior do endosperma para as camadas mais superficiais da semente. Ou seja, não houve tempo suficiente para que essa translocação ocorresse completamente no ano de 2002.

Os dados de qualidade de cooperativa também indicam que o ano de 2002 teve a qualidade de bebida de café bastante prejudicada (Figura 19).

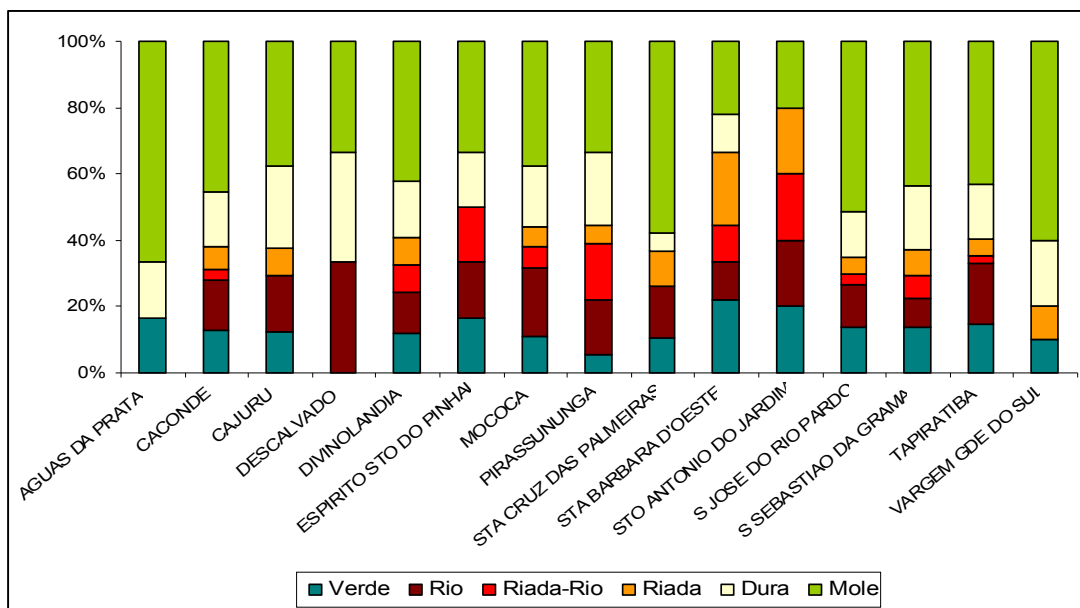


Figura 19 – Qualidade de bebida nas propriedades cooperadas da Cooxupé (Cooperativas dos Cafeicultores de Guaxupé) no ano agrícola 2001/2002

Os dados da Cooxupé indicam que a qualidade da bebida do café foi prejudicada como um todo na Mogiana paulista e imediações em 2002, quando praticamente todos os municípios apresentaram aproximadamente 20% de grãos Rio na colheita, e uma pequena minoria dos municípios colheu mais de 50% de grãos de bebida Mole. Águas da Prata e Vargem Grande do Sul (cidades vizinhas) não tiveram a qualidade tão prejudicada, mas mesmo assim ambas apresentaram aproximadamente 10% da colheita de grãos verdes, o que coincide com a descrição de CAMARGO (2002), de que nesse ano os grãos passaram muito rapidamente da fase “verde” para a “passa”, prejudicando a colheita.

5 CONCLUSÕES

A região Mogiana do estado de São Paulo apresenta condições favoráveis à qualidade natural de bebida de café superior, especialmente nas áreas com altitude superiores a 700 metros, coerentes com o trabalho clássico de CAMARGO & CORTEZ (1998).

A inclusão do fator hídrico no mapeamento de qualidade natural de bebida indicou que áreas com potencial de qualidade natural de bebida superior não foram prejudicadas, enquanto áreas de baixa altitude foram prejudicadas pela antecipação da maturação dos grãos, coincidindo com o período chuvoso.

Os mapeamentos com o auxílio de SIGs dos resultados dos modelos agrometeorológicos de estimativa do estágio fenológico da maturação dos frutos das cultivares Mundo Novo, Catuaí e Obatã permitiu a espacialização das épocas prováveis da maturação.

O uso do interpolador “média móvel” foi eficiente para estimar a precipitação e também a temperatura média decendial para a região.

A qualidade natural de bebida de café no ano agrícola analisado (2001/2002) na região Mogiana foi estimada satisfatoriamente pelos parâmetros testados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estimativas de qualidade de bebida de café apresentadas podem auxiliar sobremaneira a delimitação da área com direito à apelação à denominação de origem “Mogiana Paulista”, bem como os estudos necessários à sua obtenção.

A metodologia apresentada tem como principal ponto positivo a possibilidade de utilização tanto para estudos de clima quanto para acompanhamento interanual, e mesmo para acompanhamento da safra, com pequenos ajustes.

A principal contribuição desse trabalho visando a estimativa de qualidade diz respeito à inclusão do fator hídrico (especialmente o balanço hídrico).

A principal limitação da metodologia foi a não inclusão de uma penalização por ocorrência de temperaturas adversas durante a fase de maturação dos grãos.

Como há muitas entradas de dados nas estimativas de maturação dos grãos qualidade de bebida, uma resolução espacial alta só pode ser utilizada para áreas bastante pequenas, devido à capacidade de cálculo dos computadores. Para áreas maiores, como a própria Mogiana, a resolução deve ser reduzida para viabilidade dos cálculos.

BIBLIOGRAFIA

ALTA MOGIANA SPECIALITY COFFEES. **Certificações**. Disponível em: <http://www.amsc.com.br/pt/certificacoes.htm> Acesso em: 25/10/2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Guia prático do Programa de Qualidade do Café**. 2. ed. Disponível em: http://www.abic.com.br/arquivos/pqc_guiapratico_ago07.pdf Acesso em: 25/06/2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Programa permanente de controle da pureza do café – Histórico**. Disponível em: http://www.abic.com.br/spureza_historico.html Acesso em: 12/04/2009.

ASSAD, E. D. et al. Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos. **Pesq. agropec. bras.** vol.38, n.2, p. 161-171. 2003

BRANDO, C. H. J. Cereja Descascado, desmucilado, fermentado, despulpado ou lavado? In 25 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. Franca, **Anais...** Franca, Embrapa Café, 1999. p. 342-346.

BRESSANI, E. **Guia do Barista. Da origem do café ao espresso perfeito**. Café Editora, 2007. 210 p.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S. et al. (Ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, 1985. p. 831-839.

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, 1985. p.19-50.

CAMARGO, A.P. Clima e fenologia. In: **Cultura do café no Brasil: Pequeno manual de recomendações**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, MIC, 1986. p. 65-68.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Artigo de Revisão. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, 2000. p.125-137.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, 2001. p. 65-68.

CAMARGO, A. P; CORTEZ, J. G. Efeito do clima na qualidade de bebida do café nas condições de São Paulo e áreas próximas de outros estados. In 24 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. Poços de Caldas, **Anais...** Poços de Caldas, Embrapa Café, 1998. p. 42-44.

CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva, Switzerland. World Meteorological Organization. CAgM, Report Number 58. July, 1994. 72 p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, 1997. p.89-97.

CAMARGO, E. et al. Análise de Superfícies por geoestatística linear. In: DRUCK, S. et al. (Ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

CAMARGO, M.B.P. et al. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, 1984. p. 166-171.

CAMARGO, M. B. P. Observações das condições agroclimáticas dos cafeeiros no ano de 2002. In: I WORKSHOP SOBRE PROBLEMAS DA QUALIDADE DO CAFÉ NA SAFRA 2002. São Paulo. Programa de Estudos dos Negócios do Sistema Agroindustrial-PENSA/USP. São Paulo, Universidade Illy do Café & Fundação Instituto de Administração USP. 2002. v. 1. p. 20-31.

CARVALHO, J. R. P. de; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. Comparação de métodos para ajuste de modelos de semivariograma da precipitação pluvial anual. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 13, n. 4, Aug. 2009 .

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.2, maio/ago. 2005. p.377-384,

CASANOVA, M. et al. Banco de dados geográficos. **Mundogeo**. Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html> Acesso em: 15/09/2009.

CIAGRO. Época de colheita e qualidade da bebida no Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.ciagro.sp.gov.br/monitoramentocafe/entrada.asp>. Acesso em: 27/03/2008

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL – CATI. **Distribuição geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/2008**. Disponível em: <http://www.cati.sp.go.br/projetolupa/mapaculturas/cafe.php> Acesso em: 01/10/2009

CORTEZ, J. G. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, 1997. p. 27-31.

COUTINHO, E. P. Denominação de origem como ferramenta de qualificação vinculada ao espaço de produção. XXIII ENCONTRO NAC. DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ouro Preto, MG, 21 a 24 de out de 2003.

DAEE: DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Atlas pluviométrico do estado de São Paulo. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. São Paulo. 1972. 84 p.

DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v.16, n.1, 2004. p.1-6.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v.18, n.1, 2006. p.55-81.

INFELD, J. A.; SILVA, J.B. da. Somas térmicas da duração da fase vegetativa do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, Belém-PA, **Anais...** Belém: SBA, 1987, p. 160-161.

FAVARIN, J. L. et. al. Qualidade de bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.2, 2004. p. 187-192.

FAZUOLI, L. C. et al. Cultivares de café arábica do IAC: Um patrimônio da cafeicultura brasileira. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1. 2007 p.12-15

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. **Línea de Tiempo 80 años**. Disponível em: <http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Linea80.pdf>
Acesso em: 14/12/2009

GOUVEIA, N.M. **Estudo da diferenciação e crescimento de gemas florais de Coffea arabica L. Observações sobre a antese e maturação dos frutos**. Campinas, 1984. 237p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 253 p.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. DGA, IGCE, UNESP/ Rio Claro, Lab. Geomática, texto didático 02, 2000. 20 p. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/interpo.pdf>. Acesso em: 10/09/2009.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil**. São Paulo: Instituto de Geografia, 1969. 68 p.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: Estudo geográfico sob a forma de atlas**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1973. 129 p.

NUNES, F. L. et al. Modelo agrometeorológico de estimativa da duração do estágio floração-maturação para três cultivares de café arábica. In: VI SIMPÓSIO DE

PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória, maio de 2009. **Anais...** Vitória: Consórcio Pesquisa Café – Embrapa Café, 2009. p. 1-5.

ORTOLANI, A. A. et al. Clima e qualidade natural de bebida do café arábica no estado de São Paulo. In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Poços de Caldas, setembro de 2000. **Anais...** Brasília: Embrapa-Café, 2000. v.1, p. 662-664.

ORTOLANI, A. A. et al. Regionalização da época de maturação e qualidade natural de bebida do café arábica no Estado de São Paulo. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Fortaleza, **Anais...** Fortaleza, SBA, julho de 2001. p. 53-54.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia Fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia de cafezais no Brasil.** Campinas: Instituto Agroômico, 2008. 127 p.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Exigência Térmica do café Arábica Cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-Colheita. **Ciênc. agrotec., Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, nov./dez., 2008**

PINTO, H. S. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função da altitude e latitude. **Caderno de Ciências da Terra.** São Paulo, n. 23 Universidade de São Paulo, 1972.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.11, n.126, 1985. p.26-40.

ROLIM, G. S. et al. Planilhas no ambiente EXCEL™ para cálculos de balanços hídricos: Normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Santa Maria, v. 6, n. 1, 1998. p. 133-137.

SAES, M. S. M. et al. Pesquisa sobre o perfil do produtor de café no Brasil. In. **Cadernos Universidade do Café.** São Paulo, Universidade Illy do Café. v. 3 2009. p. 11-25.

SAES, M. S. M.; FARINA, E. M. M. Q. Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC: Ações conjuntas e novos desafios frente a reestruturação de mercado. VIII SEMINÁRIO INTERNACIONAL PENSA DE AGRIBUSINESS, 1998. 24 p.

SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. Centrais Elétricas de São Paulo-CESP. São Paulo, 1966. 58 p.

SLACK, D. C. et al. Growing-degree-days based crop coefficients for irrigation management. In: CONGRESSO NACIONAL ASSOCIACION MEXICANA DE INGENIERIA AGRICOLA, 4., Cuautitlán Izcali, Estado do México, México, 1994. **Anais...** Cuautitlán Izcali, México: Asociacion Mexicana de Ingenieria Agricola, 1994. p. 7-13.

SOUZA, P. R. Alguns aspectos da influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre. v. 43, n. 389, p. 9-22, 1990.

TEIXEIRA, A. L. A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de informação geográfica: Dicionário ilustrado**. São Paulo, Hucitec. 1997. 232 p.

THOMAZIELLO, R. A.; et al. Café Arábica: Cultura e Técnicas de Produção. Campinas: Instituto Agrônômico, (Boletim Técnico,187), 2000.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey, Centerton, 1955, 104p. (Publ. in Climatology, v. 8, n. 1).

VALERIANO, M. M. **Guia de Utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 44 p. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 01/03/2009.

VIEIRA, T.G. et al. Sistemas de Geoinformação para a Cafeicultura no sul de Minas Gerais. In: **Informe Agropecuário: Geotecnologias**. v. 28, n. 241, nov, dez 2007. p. 16 – 26.

WARINGTON, I. J.; KANEMASU, E. T. Corn growth response to temperature and photoperiod, 1, seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal. Madson**, n. 75, 1983. p. 154-180.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. **Geostatistics for Environmental Scientists**. Chichester, John Wiley & Sons, 2001. 242 p.

WILLMOT, C. J.; et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal Geography Research**, v. 90, n. 5, 1985. p. 8995-9005.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C. Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. **Bragantia**. v. 67. n. 1. 2008. p. 249-256