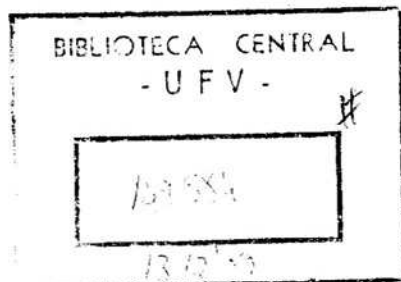


ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS

**ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA A CULTURA DO CAFÉ
CONILON (*Coffea canephora* L.) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.),
NA BACIA DO RIO ITAPEMIRIM, ES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

DOAÇÃO



VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
NOVEMBRO – 1999

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S237z
1999

Santos, Alexandre Rosa dos, 1974-
Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café
Conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea
arabica* L.) na bacia do Rio Itapemirim, ES / Alexandre
Rosa dos Santos. – Viçosa : UFV, 1999.
62p. : il.

Orientador: Gilberto Chohaku Sedyama
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa

1. Café - Fatores climáticos. 2. Zoneamento agroclimático - Itapemirim, Rio, Bacia (ES). 3. Café - Produtividade. 4. Climatologia agrícola. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 630.2516

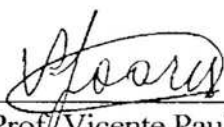
CDD 20.ed. 630.2516

ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS

**ZONEAMENTO AGROCLIMATOLÓGICO PARA A CULTURA DO CAFÉ
CONILON (*Coffea canephora* L.) E ARÁBICA (*Coffea arabica* L.),
NA BACIA DO RIO ITAPEMIRIM, ES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de julho de 1999.



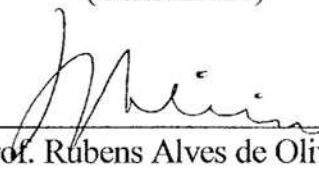
Prof. Vicente Paulo Soares
(Conselheiro)



Prof. Aristides Ribeiro
(Conselheiro)



Prof. Fernando Falco Pruski



Prof. Rubens Alves de Oliveira



Prof. Gilberto Chonaku Sedyama
(Orientador)

À minha esposa Gleissy Mary e ao
meu filho Mateus.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Professor Gilberto C. Sedyama, pela amizade, orientação e, sobretudo, confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor José Eduardo Macedo Pezzopane, pela confiança durante a minha vida acadêmica e pelas sugestões imprescindíveis para a elaboração da tese.

À EMCAPA, pelo fornecimento dos dados, sem os quais o trabalho não poderia ser realizado.

Aos professores Aristides Ribeiro, José Maria Nogueira da Costa e Vicente Paulo Soares, pelos esclarecimentos e pelo pronto atendimento.

Ao Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo (CAUFES), pela oportunidade de realização do curso de Agronomia e pelos ensinamentos.

Ao meu primo Carlos dos Santos Ragi, que, onde quer que esteja, estará feliz e realizado por mais esta conquista de minha vida.

Ao professor Carlos Fernando Pexoto, pela amizade e confiança prestada no início da minha jornada acadêmica.

Ao Departamento de Engenharia do CAUFES, pelos trabalhos desenvolvidos durante o curso de graduação em Agronomia.

Ao professor Rosembergue Bragança e família, pela dedicação quase paterna para com a minha família.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

BIOGRAFIA

ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS, filho de Romel Batista dos Santos e Marlene Rosa dos Santos, nasceu em Santo Antônio da Platina, Estado do Paraná, no dia 9 de junho de 1974.

Em 1992, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, em Alegre, diplomando-se em agosto de 1997.

Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
EXTRATO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Identificação do problema.....	1
1.2. Objetivos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. A cultura do café.....	4
2.1.1. Histórico da cultura do café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.)	4
2.1.2. Exigências climáticas da cultura do café conilon (<i>Coffea</i> <i>canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.)	5
2.1.3. Fatores que influenciam direta e indiretamente a produtividade do café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea</i> <i>arabica</i> L.)	8
2.2. Zoneamento agroclimatológico.....	10
2.3. Sistema de Informações Geográficas (SIGs)	12

3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Caracterização da área em estudo.....	14
3.2. Software utilizado.....	16
3.3. Principais classes de solo da Bacia do Rio Itapemirim	16
3.4. Aptidão agrícola para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.)	18
3.5. Procedimentos para geração dos mapas de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.)	20
3.6. Procedimentos para geração dos mapas de produtividade, produção e área plantada com café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.)	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1. Mapa de zonas de temperatura média anual	28
4.2. Mapa de zonas de deficiência hídrica anual	32
4.3. Mapa de zonas de classes de solo.....	33
4.4. Mapa de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (<i>Coffea</i> <i>canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.)	33
4.5. Mapa de produtividade, produção e área plantada para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.).....	44
5. RESUMO E CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICES.....	60
APÊNDICE A.....	61
APÊNDICE B	62

LISTA DE QUADROS

1. Faixa de aptidão por temperatura média anual para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) e conilon (<i>Coffea canephora</i> L.).....	19
2. Faixa de aptidão por deficiência hídrica anual para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) e conilon (<i>Coffea canephora</i> L.).....	19
3. Aptidão por classes de solos para o café arábica e conilon na Bacia do Rio Itapemirim, ES	20
4. Localização e referências geográficas de 12 postos da ANEEL, situados na Bacia do Rio Itapemirim, ES	24
5. Resultados do balanço hídrico sequencial mensal para 12 localidades da Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	32
6. Dados referentes ao zoneamento agroclimatológico para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	40
7. Dados referentes ao zoneamento agroclimatológico para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	41
8. Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) de café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES	46

9. Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) de café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES	49
1A. Principais diferenças entre Latossolos e Podzólicos	61
1B. Aptidão hídrica para o café arábica e conilon, considerando indicações da necessidade ou não de irrigação.....	62

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa do Estado do Espírito Santo, mostrando a Bacia do Rio Itapemirim.....	15
2 Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.), na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	22
3. Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.), na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	23
4. Classes de solo da Bacia do Rio Itapemirim, ES	27
5. Faixas de temperatura média anual na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	29
6. Zonas de temperatura média anual para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	30
7. Zonas de temperatura média anual para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	31
8. Faixas de deficiência hídrica anual na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	34
9. Zonas de deficiência hídrica anual para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	35

10. Zonas de solos para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) e arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	36
11. Zoneamento agroclimatológico para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	36
12. Zoneamento agroclimatológico para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	39
13. Porcentagem de áreas aptas, inaptas e restritas para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	42
14. Porcentagem de áreas totalmente aptas, aptas com alguma restrição e inaptas para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	42
15. Porcentagem de áreas aptas, inaptas e restritas para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	43
16. Porcentagem de áreas totalmente aptas, aptas com alguma restrição e inaptas para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES	43
17. Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) para o café conilon (<i>Coffea canephora</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES	45
18. Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) para o café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES	48
19. Área plantada (ha) de café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) e conilon (<i>Coffea canephora</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES	50
20. Produção (t) de café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) e conilon (<i>Coffea canephora</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES	51
21. Produtividade (kg/ha) de café arábica (<i>Coffea arabica</i> L.) e conilon (<i>Coffea canephora</i> L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES.....	53

EXTRATO

SANTOS, Alexandre Rosa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1999. **Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.), na Bacia do Rio Itapemirim, ES.** Orientador: Gilberto C. Sediyma. Conselheiros: Vicente Paulo Soares, José Maria Nogueira da Costa e Aristides Ribeiro.

Com o objetivo de avaliar as áreas aptas, restritas e inaptas para o cultivo do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.), utilizou-se o software Idrisi (versão 2.0 para Windows) para o zoneamento agroclimatológico e a análise da influência dos elementos climáticos sobre a produtividade para as duas espécies de café cultivadas na Bacia do Rio Itapemirim, situada no sul do Estado do Espírito Santo. Os resultados mostraram que o café conilon pode ser cultivado em 38,78% da área, podendo apresentar alguma restrição por temperatura, deficiência hídrica e classe de solo; que 7,32% da área total é considerada totalmente apta; e que 53,9% desta área é considerada inapta para o cultivo do café conilon. Os resultados obtidos para o café arábica mostraram que ele pode ser cultivado em 25,02% da área, podendo apresentar alguma restrição por temperatura, deficiência hídrica e classe de solo; que 53,56% da área total é considerada totalmente apta; e que 21,42% desta área é considerada inapta para o cultivo do café arábica. Os municípios produtores de

café conilon que apresentaram maior produtividade estão localizados na região central da bacia, exatamente nas áreas totalmente aptas ou aptas com alguma restrição, e os que apresentaram menor produtividade estão localizados nas áreas mais próximas do litoral, consideradas inaptas por deficiência hídrica ou classe de solo. Da mesma forma, os municípios produtores de café arábica que apresentaram maior produtividade estão localizados nas direções oeste e noroeste da bacia, em áreas aptas ou aptas com alguma restrição; já os municípios que apresentaram menor produtividade estão localizados em áreas de maior elevação, inaptas por temperatura, e nas áreas próximas do litoral, que são inaptas por deficiência hídrica e classe de solo. A diferença ocorrida entre as áreas propícias para o cultivo do café conilon e arábica pode ser explicada pelo fato de a região apresentar o relevo bastante montanhoso, com altitudes elevadas e, conseqüentemente, temperaturas mais favoráveis para o cultivo do café arábica.

ABSTRACT

SANTOS, Alexandre Rosa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 1999. **Climatological zoning for Conilon (*Coffea canephora* L.) and Arabic coffee (*Coffea Arabica* L.) tree plantation in the Itapemirim river basin, ES, Brazil.** Adviser: Gilberto C. Sedyama. Committee Members: Vicente Paulo Soares, José Maria Nogueira and Aristides Ribeiro.

A climatological zoning was established to determine the suitable, restricted and unsuitable areas for Conilon (*Coffea canephora* L.) and Arabic coffee (*Coffea Arabica* L.) tree plantation. A raster geographical information system software was used in order to get the homogeneous climatic areas, and to analyse the influence of the climatic elements on the yield response for two coffee tree species planted at Itapemirim river basin area, in the Southern part of the State of Espírito Santo, Brazil. The results showed that the Conilon coffee can be planted in 38.78% of the basin, but with some restriction due to temperature, soil water deficit and soil type; 7.32% of the total area are considered totally suitable; and 53.9% of the area are unsuitable for Conilon coffee tree plantation. The results obtained for Arabic coffee showed that it can be planted in 25.02% of the area, but with some restriction due to temperature conditions, soil water deficit and soil type; 53.56% of the total area are totally suitable; and 21.42% of the area are unsuitable. The municipal districts that

presented larger productivity of Conilon coffee are located in the central region of the Itapemirim river basin, which correspond to areas that are climatically suitable or suitable with some restriction. The areas that presented smaller productivity are located near the coast, which is unsuitable due to soil water deficit and soil type. Moreover, the municipal districts that are producers of Arabic coffee presented larger productivity when located in the west and northwest side of the basin, which are suitable or suitable with some restriction. The districts that presented smaller productivity are located in areas of higher elevation, and they are unsuitable because of low temperature conditions, and in the areas close to the coast, which are unsuitable due to soil water deficit and soil type. The topographic conditions of high altitude showed to be more adequate for Arabic coffee plantation mainly due to more favorable temperature conditions for that coffee.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Identificação do problema

O café representa a maior fonte de renda da agricultura no Estado do Espírito Santo e contribui para a sustentabilidade da economia estadual, com profundas implicações no nível de renda da população deste estado.

O zoneamento agrícola de uma região deve ser constantemente atualizado, visando obter maiores informações sobre as condições climáticas das culturas selecionadas e, sobretudo, proporcionar maior retorno dos investimentos a médio e longo prazo para os produtores. Para isso, há necessidade de desenvolver técnicas mais eficientes para a identificação de áreas mais propícias ao desenvolvimento das culturas.

O zoneamento agroclimatológico do cafeeiro é de extrema importância tanto na implantação quanto no planejamento de atividades agrícolas, uma vez que a delimitação das regiões climaticamente homogêneas significa não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico e biológico para a região em estudo, mas também registrar as áreas de padrões homogêneos de atividades e dos recursos naturais nela existentes.

Com exceção de pequenas áreas, ainda não é possível modificar o clima para o melhor atendimento das exigências das culturas. Entretanto, é comum

ajustar as práticas agrícolas às condições climáticas da região, para melhor aproveitamento dos recursos naturais. O conhecimento dos limites dos parâmetros climáticos e ecológicos pode oferecer condições para que se tenha êxito nas mais diversas atividades agrícolas.

Os fatores ambientais, clima e solo, quando em condições adversas, dificultam e até podem inviabilizar a exploração do cafeeiro, acarretando baixa produtividade, independentemente das práticas de manejo a serem executadas adequadamente. Assim, o zoneamento agroclimatológico para a cultura do café constitui-se em importante instrumento no planejamento e consolidação da atividade cafeeira, devendo ser considerado em qualquer iniciativa que envolva a sua exploração econômica.

O conhecimento das regiões climaticamente homogêneas pode trazer benefícios diretos a diversas atividades agrícolas da região, especialmente porque poderá ser extremamente útil na seleção de uma dada cultura ou ser útil na indicação de outra cultura para uma região específica.

As condições ambientais estão intimamente relacionadas com a produtividade das culturas, sendo de grande importância a escolha de áreas mais homogêneas, que, aliadas às técnicas de manejo, poderão aumentar a produtividade das culturas. As principais causas de variações na produtividade agrícola são: variações microclimáticas dentro de uma mesma propriedade; relação solo-microclima; variações entre propriedades de uma mesma região; técnicas de manejo; variações de ano para ano; e fatores econômicos.

É importante ressaltar que a não-indicação de uma área para uma cultura não significa que ela não seja apta para a espécie selecionada, uma vez que há sempre possibilidade de se conseguir o ajustamento de práticas agrícolas com variedades selecionadas ou, então, utilizar técnicas agrícolas mais eficientes.

1.2. Objetivos

O presente estudo teve como principais objetivos elaborar o zoneamento agroclimatológico para a cultura do café, conilon e arábica, e analisar a relação existente entre a produtividade e os elementos climáticos e edáficos da Bacia do Rio Itapemirim-ES.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do café

2.1.1. Histórico da cultura do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

O café conilon, também conhecido pelo nome de café robusta, é uma espécie de ampla distribuição geográfica, com muitas variedades vigorosas, precoces e resistentes às moléstias, sendo inicialmente cultivada na África, em Madagascar e Java, mostrando-se resistente à ferrugem, razão pela qual é largamente cultivada e selecionada em muitos países do mundo (GRANER e GODOY JR., 1967).

GRANER e GODOY JR. (1967) afirmam que o café arábica é uma planta originária das regiões montanhosas da Etiópia (Cafa e Enária). Nestas regiões, o café arábica foi encontrado em estado selvagem, vicejando sob árvores de bosques situados a mais de 1.000 metros de altitude.

De acordo com MATIELLO (1991), o café foi introduzido no Brasil em 1727, trazido da Guiana Francesa, sendo cultivado inicialmente em Belém do Pará, de onde foi levado para o Maranhão e os estados vizinhos, chegando à Bahia em 1770. Do Maranhão, o café rumou para o sul, alcançando o Rio de

Janeiro em 1774 e, em seguida, São Paulo e Minas Gerais. No Espírito Santo, o café chegou pelo norte do Estado do Rio de Janeiro, a partir de 1920.

Segundo DADALTO e BARBOSA (1997), o café constitui-se na principal atividade agrícola do Estado do Espírito Santo, presente em quase todos os municípios, sendo responsável pela geração da maior parte da renda e dos empregos do meio rural.

2.1.2. Exigências climáticas da cultura do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

O café arábica é uma planta tropical de altitude, adaptada a clima úmido, de temperaturas amenas, ao passo que o café conilon é uma planta tropical adaptada a regiões equatoriais baixas, quentes e úmidas.

De acordo com o INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (1977), as faixas de temperatura média anual propícias ao desenvolvimento do café arábica e conilon estão compreendidas entre 19 e 21°C e 22 e 26°C, respectivamente.

Segundo MATIELLO (1991), as temperaturas ótimas para o crescimento do café arábica e conilon, até o primeiro ano, são de cerca de 30 °C durante o dia e 23 °C à noite. À medida que a planta cresce, estas temperaturas diminuem, e, após um ano e meio de idade, as temperaturas ideais, diurnas e noturnas, situam-se em torno de 23 °C e 17 °C.

Temperaturas muito baixas, ou muito altas, do solo reduzem o sistema radicular e prejudicam sensivelmente o crescimento de cafeeiros jovens.

Nas regiões com temperaturas médias anuais superiores a 22,5 °C, a estação de florescimento para o café arábica apresenta-se, em geral, muito quente, podendo trazer problemas para a frutificação, por causa do abortamento de flores.

Segundo SANTINATO et al. (1996), temperaturas inferiores a 18 °C para o café arábica e 22 °C para o café conilon favorecem a exuberância vegetativa e baixa diferenciação floral, com conseqüentes baixos níveis de produtividade,

além de sintomas típicos de “crestamento” foliar no período de inverno, associados a ventos dominantes. Os mesmos autores afirmam que temperaturas superiores a 23 °C para o café arábica e 26 °C para o café conilon, associadas à seca na época do florescimento, podem favorecer o abortamento floral e a formação de “estrelinhas”, diminuindo consideravelmente a produtividade.

Temperaturas elevadas favorecem a emissão de ramos ortotrópicos não-produtivos, ao passo que temperaturas mais amenas favorecem a emissão de maior número de ramos plagiotrópicos, ou laterais, produtivos, dando à planta um aspecto mais incorporado ou mais cheio (QUIMBRASIL, 1980).

No Brasil, boas regiões produtoras de café estão localizadas onde ocorrem mais de 150 mm de chuva por mês, no período de florescimento, formação e maturação dos frutos, que compreende os meses de outubro a março, ou seja, período de renovação de galhos e folhas. De acordo com MATIELLO (1991), no período de vegetação e frutificação, que vai de outubro a maio, o cafeeiro precisa de mais umidade no solo, e, na fase de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade é pequena e o solo pode ficar mais seco, sem grandes prejuízos para a planta.

De acordo com HAARER (1962), os períodos secos parecem ser importantes para o crescimento da raiz, para a maturação dos ramos formados na estação chuvosa precedente, para a diferenciação floral e para a maturação dos frutos.

MATIELLO (1991) afirma que chuvas anuais de 1.200 mm podem ser consideradas adequadas ao bom desenvolvimento da cafeicultura de café arábica, ao passo que as lavouras de café conilon podem ser cultivadas em zonas com precipitações menores, entre 900 e 1.000 mm anuais.

Em relação à altitude, as precipitações sofrem influência menos direta e acentuada que a temperatura. Elas tendem a aumentar com altitudes maiores, e, em uma mesma altitude, as encostas assoladas pelos ventos dominantes são mais chuvosas (SANTINATO et al., 1996).

A umidade do ar influi, principalmente, na ocorrência de pragas e doenças, favorecendo tanto o ataque de doenças fúngicas como a fermentação

dos frutos no período de colheita, o que resulta em produto de bebida inferior (MATIELLO, 1991).

SANTINATO et al. (1996) relatam que a umidade atmosférica ou do ar adequada para o cafeeiro está na faixa de 70 a 80%, sendo satisfatória na faixa de 50 a 70%. Em regiões quentes, quando acompanhada por outros fatores, como solos arenosos e ventos, quando atingem valores inferiores a 50%, pode ocorrer murcha mesmo com água facilmente disponível no solo, devido ao fato de a velocidade de transpiração ser maior que a velocidade de absorção e condução de água.

Quanto à luminosidade, MATIELLO (1991) afirma que o cafeeiro é uma planta oriunda de sub-bosque, adaptando-se bem às condições de sombra, e o maior desenvolvimento e a maior produção ocorrem a pleno sol. CARVAJAL (1984) relata que o cafeeiro realiza mais fotossíntese, produzindo maior quantidade de matéria seca, quando cresce em condições de alta luminosidade.

O cafeeiro é uma planta de dias curtos; a influência da luz, ou seja, a duração do dia, é marcante na diferenciação dos botões florais.

Os ventos, ao lado das altas temperaturas, são os maiores agentes de desidratação, pois intensificam o déficit de água nas plantas e no solo, agravando, dessa maneira, os efeitos da seca (QUIMBRASIL, 1980).

De acordo com VIEIRA (1957), o vento constante e forte ocasiona atritos entre ramos, derruba flores e frutos em formação, podendo ser controlado por meio de quebra-ventos, que consiste no plantio de árvores cercando a lavoura de café no lado conveniente.

Além da ação mecânica, MATIELLO (1991) afirma que o cafeeiro sofre indiretamente o efeito dos ventos, que produzem pequenas lesões ou ferimentos, por onde entram fungos e bactérias causadores de enfermidades, como a phoma, a mancha-aureolada, a antracnose, entre outras.

Segundo SANTINATO et al. (1996), os ventos constituem agentes que aceleram a transpiração, devido à sua ação na folhagem do cafeeiro, além de prejudicarem a eficiência de aplicação de água dos sistemas de irrigação de aspersão.

As variedades do café conilon são mais sensíveis aos ventos frios do que as do arábica. Para prevenir os efeitos dos ventos, áreas frias atingidas pelos ventos frios dominantes, como as serranas de maior altitude e os terrenos de face sul e sudoeste, devem ser evitadas (INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1977).

2.1.3. Fatores que influenciam direta e indiretamente a produtividade do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

RENA et al. (1986) relatam que nos cafezais renovados a produtividade situa-se em níveis superiores aos das lavouras tradicionais, com efeito mais pronunciado quando a comparação é efetuada em termos de área, em virtude da redução do espaçamento.

Observa-se, na prática, que os custos são inversamente proporcionais aos níveis de produtividade, visto que uma série de custos fixos é realizada com intensidade semelhante nos diferentes níveis de produtividade. Podem-se citar, por exemplo, as capinas, a arruação e a esparramação, as despesas com administrador, taxas e impostos, as depreciações, etc., que variam pouco em função da produtividade da lavoura (RENA et al., 1986).

Os principais fatores que influenciam direta e indiretamente a produtividade do cafeeiro são de ordem econômico-conjuntural, climática e relacionados ao manejo da cultura.

De acordo com RENA et al. (1986), a conjuntura econômica determina condições favoráveis ou desfavoráveis em relação ao preço do café, à disponibilidade e ao custo dos insumos e da mão-de-obra, ao custo e à disponibilidade de crédito, entre outros; o balanço destes fatores influi na tomada de decisão dos produtores, que passam a adotar em maior ou menor grau os investimentos no trato das lavouras.

Segundo MATIELLO (1991), a cultura do café, ao longo dos anos, tem evoluído em ciclos compostos por fases de expansão e de retração; a duração

dessas duas fases varia de acordo com o nível alcançado pelos preços, as políticas econômicas postas em prática e, principalmente, a capacidade de aumento da produção de café.

Dentre os fatores climáticos que influenciam a produção e a produtividade do cafeeiro, destacam-se o efeito das geadas e das secas e os veranicos. Outro fator importante é o ciclo bienal de produção, que atua basicamente sobre a produtividade, ocorrendo principalmente em função do cultivo de lavouras a pleno sol, que condiciona altas produtividades num ano, com conseqüente esgotamento da planta, a qual, assim, não tem boa vegetação para voltar a produzir bem no ano seguinte (RENA et al., 1986).

O manejo da cultura envolve diversos parâmetros importantes, que influenciam direta e indiretamente a produtividade do cafeeiro, sendo os mais importantes as condições físicas do solo, o sistema de cultivo, os cultivares, o espaçamento, a adubação e calagem, as práticas culturais, o combate a pragas e doenças e a proteção contra ventos e irrigação.

De acordo com MATIELLO (1991), em relação às condições físicas do solo, dois fatores principais devem ser observados: a profundidade do solo e a sua capacidade de armazenar água. O cafeeiro necessita pelo menos de 1,2 m de profundidade de solo, em boas condições de textura e estrutura, para que possa manter um sistema radicular eficiente. O solo para o cafeeiro deve apresentar uma boa porosidade, permitindo maior armazenamento de água e ar.

MATIELLO (1991) relata que não são indicados para o cafeeiro solos com menos de 15 a 20% de argila e mais de 50% de argila, salvo em condições especiais, em que solos de textura média são os mais favoráveis ao desenvolvimento das raízes do cafeeiro.

Os dois principais sistemas de cultivo de cafezais podem ser o rotineiro e o racional. Conforme RENA et al. (1986), no sistema rotineiro são realizadas as operações normais de cultivo, como capinas, arruação e esparramação, assim como a colheita e o preparo do café; e no sistema racional, além destas, são realizadas as operações de adubação e calagem, as pulverizações e as podas eventuais.

Nas áreas mecanizáveis e nos plantios extensivos, os espaçamentos devem ser mais abertos nas ruas, com 3,5 a 4,5 m e 1 a 1,5 m entre plantas na linha; nas pequenas propriedades, ou terras mais valorizadas, é indicado o sistema de espaçamento adensado, de 1,5 a 2,5 m por 0,8 a 1,0 m (MATIELLO, 1991).

A execução de práticas culturais, quando necessário, na época correta e de modo adequado, representa significativo retorno em produtividade, destacando-se as capinas, a adubação, as pulverizações e as podas.

De acordo com MATIELLO (1991), o desenvolvimento e a produção econômica dos cafezais dependem do fornecimento, pelo solo e pelas adubações, dos nutrientes necessários ao cafeeiro, de forma equilibrada. Em ordem de exigência, o cafeeiro adulto extrai os nutrientes N, K, Ca, Mg, P, S, Zn, B e Cu.

Segundo RENA et al. (1986), a correção dos solos, com calagem adequada, resulta em aumentos significativos, da ordem de 30 a 200%, na produtividade do cafeeiro.

Dentro de uma nova orientação, com irrigações programadas para suprir água apenas no período crítico, é possível obter bons retornos em produtividade, com menores investimentos e gastos operacionais na irrigação.

Segundo TOMAZIELLO et al. (1997), as principais pragas que têm provocado prejuízos para os cafeeiros são: bicho-mineiro, broca-do-café, cigarras e nematóides nas raízes. Esses autores afirmam também que as principais doenças são a ferrugem, a phoma e a cercosporiose.

2.2. Zoneamento agroclimatológico

O zoneamento agrícola é uma técnica utilizada para determinar regiões propícias ao desenvolvimento de determinadas culturas; quando as condições de ambiente, de solo e econômicas são favoráveis, podem proporcionar maior produtividade e rentabilidade (OMETTO, 1981).

O zoneamento agrícola é uma tarefa de fundamental importância na organização dos programas de trabalho e suporte do planejamento da agricultura. Ele baseia-se no levantamento dos fatores que definem as aptidões agrícolas encontradas em diferentes faixas da região estudada.

De acordo com OMETTO (1981), a melhor forma de se adquirir desenvolvimento na agricultura está na seleção de culturas a serem exploradas pelo agricultor ou empresário, que deve ser realizada de forma criteriosa, para que sejam escolhidas aquelas espécies que melhor se adaptem às condições ecológicas do meio físico.

O zoneamento agrícola deve ser constantemente atualizado, visando obter retorno satisfatório dos investimentos a médio e longo prazo, sendo considerado como instrumento de fundamental importância para a tomada de decisões no que se refere aos fatores que influenciam direta e indiretamente a produtividade agrícola.

CAMARGO et al. (1974) relatam que, conhecendo as condições climáticas de uma determinada região, é possível ajustar práticas agrícolas para o melhor aproveitamento dos recursos naturais, atendendo, assim, às exigências das culturas.

A baixa produtividade pode ser influenciada pelas condições adversas dos fatores ambientais, que até podem inviabilizar a exploração do cafeeiro. CAMARGO (1977) afirma que o zoneamento agroclimatológico, para a cultura do café, é de fundamental importância para o planejamento e a consolidação da atividade cafeeira.

De acordo com FERREIRA (1997), a produção das culturas agrícolas, associada a condições climáticas e edáficas, é função da presença da água e de nutrientes em épocas e quantidades apropriadas, e sua falta ou excesso é um fator de diminuição de produção. Assim, o zoneamento agroclimatológico pode auxiliar na tomada de decisões que possam trazer benefícios diretos para o desenvolvimento de determinada cultura.

O conhecimento das condições climáticas e edáficas de uma determinada região é de extrema importância para a cultura do café, visto que a delimitação

das regiões climaticamente homogêneas pode estabelecer os indicadores do meio físico e biológico para a região e também identificar áreas de condições homogêneas de atividades e dos recursos naturais nela existentes.

2.3. Sistema de informações geográficas (SIGs)

De acordo com ASPIAZÚ e BRITES (1989), os sistemas de informações geográficas são técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas, cartas climatológicas, censos, e outros.

Segundo FELGUEIRAS (1987), os SIGs são sistemas que automatizam tarefas realizadas manualmente e facilitam a realização de análises complexas, através da integração de dados geocodificados.

O SIG tem como características principais a capacidade de coletar, armazenar e recuperar informações provenientes de fontes e formatos distintos, além de possibilitar a disponibilidade de programas computacionais para edição de mapas, textos e gráficos (MARBLE e PEUQUET, 1983).

BERRY (1986) e PARKER (1986) relatam que os sistemas de informações geográficas são sistemas de informações que trabalham, geograficamente ou espacialmente, dados de referência.

CLARKE (1986) definiu um sistema de informações geográficas como um sistema apoiado por computador para a captura, armazenagem, recuperação, análise e exibição de dados espaciais.

De acordo com FERREIRA (1997), o sistema de informações geográficas pode ser considerado um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

A utilização dos sistemas de informações geográficas permite uma verificação clara, objetiva, rápida e precisa da distribuição espacial e temporal dos cultivos agrícolas (FERREIRA, 1997).

A execução do zoneamento agroclimatológico para a cultura do café, utilizando-se sistemas de informações geográficas, proporciona resultados mais satisfatórios, visto que os dados inicialmente coletados são armazenados, facilitando sua manipulação e análise e exibindo um resultado final de melhor qualidade, quando comparado com outros métodos mais tradicionais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área em estudo

A Bacia do Rio Itapemirim, mostrada na Figura 1, está situada no sul do Estado do Espírito Santo, entre as latitudes de 20° 30' e 21° 00' e as longitudes de 41° 00' e 41° 30', apresentando relevo bem acidentado, correspondendo a uma área total de 587. 232 ha.

Pelo fato de a bacia apresentar relevo acidentado, o clima na região é caracterizado por grande variação dos elementos climáticos, principalmente no sentido leste-oeste, ou seja, de baixa altitude (áreas litorâneas) para altitudes elevadas (áreas serranas). Logo, a temperatura média anual e a deficiência hídrica anual são mais elevadas próximo do litoral, diminuindo consideravelmente próximo das áreas de maior altitude.

O café constitui-se na principal atividade agrícola da Bacia do Rio Itapemirim, presente em quase todos os municípios, sendo responsável pela geração da maior parte da renda e dos empregos da região.



Figura 1 – Mapa do Estado do Espírito Santo, mostrando a Bacia do Rio Itapemirim.

3.2. Software utilizado

O sistema de informações geográficas utilizado para a realização do trabalho foi o IDRISI for Windows versão 2.0 (EASTMAN, 1995). Esse programa foi desenvolvido, em 1987, na Clark University (EUA), com base na forma matricial de representação de dados. Este software não é um único programa, mas uma coleção de mais de 100 módulos de programas, podendo ser utilizado por meio de menus do programa principal. Os módulos dos programas podem ser acessados separadamente, facilitando a automatização de tarefas que requerem seqüência de utilização de módulos.

O IDRISI foi desenvolvido com o objetivo de oferecer uma ferramenta de baixo custo para pesquisas geográficas, sendo por este motivo um dos sistemas de informações geográficas mais utilizados do mundo.

3.3. Principais classes de solo da Bacia do Rio Itapemirim

As principais classes de solo predominantes na Bacia do Rio Itapemirim são: Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, Terra Roxa Estruturada, Brunizem, Cambissolo, Aluviais, Arenoquartzosos e Litólicos.

Um solo ideal para a cultura do cafeeiro deveria ter, em volume, em torno de 50% de porosidade, 45% de substância mineral e 5% de matéria orgânica. RENA et al. (1986) relatam que a profundidade efetiva do solo para o cafeeiro está ao redor de 120 cm, desde que ele tenha textura média a argilosa, não tenha mais de 15% de pedras e cascalhos e possua uma estrutura granular ou subgranular média, com média e boa estabilidade dos agregados em água.

O Latossolo Vermelho-Amarelo é um solo de horizonte B profundo, com seqüência de horizontes A, B e C de transições difusas e com alto grau de floculação. Ele possui baixa fertilidade natural, com baixo índice de saturação de bases, baixa soma de bases e alta acidez.

O Podzólico Vermelho-Amarelo apresenta horizonte B textural, normalmente profundo e com seqüência de horizonte A, B e C. É um solo de baixa fertilidade natural, com índice de saturação abaixo de 50% e fortemente ácido.

Na Bacia do Rio Itapemirim, as duas classes de solos de maior predominância são o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Podzólico Vermelho-Amarelo. As principais diferenças entre esses dois tipos de solo são mostradas no Quadro 1A.

A Terra Roxa Estruturada é um tipo de solo que ocupa a paisagem dos podzólicos, só que são desenvolvidos de rochas máficas (REZENDE e CURI, 1988).

De acordo com REZENDE e CURI (1988), a classe de solo Brunizem apresenta CTC da fração argila bastante elevada e horizonte A chermozêmico (espesso, escuro, rico em matéria orgânica e com alta saturação de bases), incluindo perfis B incipiente e B textural de coloração tendendo a escura.

O Cambissolo apresenta certo grau de evolução do horizonte B, porém não o suficiente para alterar completamente minerais primários de fácil intemperização. As rochas pelíticas são ricas em potássio e manganês, mas são pobres em cálcio, magnésio, fósforo, entre outros minerais (REZENDE e CURI, 1988).

Os solos Aluviais, de acordo com REZENDE e CURI (1988), são aqueles provenientes de depósitos aluviais. Normalmente possuem um horizonte escurecido sobre camadas estratificadas. São caracteristicamente muito variáveis a pequenas distâncias, tanto na horizontal quanto na vertical, necessitando de número maior de amostras, a fim de caracterizá-las adequadamente.

Os solos Arenoquartzosos apresentam, na maioria das vezes, menos de 20% de argila e, pelo fato de possuírem teor de areia muito elevado, associado à alta porosidade, possibilitam a perda de água por percolação, impossibilitando o desenvolvimento do cafeeiro, principalmente em regiões secas. Na Bacia do Rio Itapemirim, este tipo de solo é predominante nas proximidades do litoral.

Os solos Litólicos são rasos, possuindo, em geral, uma estreita camada de material terroso sobre a rocha. REZENDE e CURI (1988) afirmam que normalmente estes solos estão associados a muitos afloramentos de rocha. A riqueza em nutrientes, mesmos nestes solos, depende da rocha e das condições climáticas.

Os solos predominantes na Bacia do Rio Itapemirim são os Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, seguidos de Terra Roxa Estruturada e Brunizem. As demais classes de solo, quando comparadas com a área total da bacia, apresentam-se em pequenas quantidades, sendo este um dos motivos de o cultivo do café na região ser pouco influenciado pelas classes de solos.

É importante ressaltar que o relevo também é de fundamental importância para o desenvolvimento do cafeeiro. KUPPER (1981) afirma que uma declividade maior que 15 a 20% elimina a viabilidade de “tratorizar” a plantação de café; que áreas com declives até 30 a 40% poderão ser utilizadas com tração animal; e que declividades de 60 a 70% não são limitantes para o cafeeiro, ao se usar apenas o manejo manual.

3.4. Aptidão agrícola para o café conilon (*Coffea canaphora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

O café arábica é adaptado a condições de clima tropical de altitude com umidade e temperatura amenas, ao passo que o café conilon adapta-se bem às regiões equatoriais baixas, quentes e úmidas, portanto em condições de temperaturas bem mais elevadas que as apropriadas ao cafeeiro arábico.

Com base nos conhecimentos obtidos acerca da cafeicultura no Brasil, MATIELLO (1991) estabelece os seguintes parâmetros térmicos para o café arábica e conilon, mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Faixa de aptidão por temperatura média anual para o café arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* L.)

Aptidão	Café arábica	Café conilon
Regiões aptas	19-22 °C	22-26 °C
Regiões marginais	18-19 °C 22-23 °C	21-22 °C
Regiões inaptas	< 18 °C e >23 °C	< 21 °C e > 26 °C

Para se definir a aptidão hídrica do cafeeiro arábica e conilon, utiliza-se o balanço hídrico, que resulta na análise conjunta dos dados de precipitação e evapotranspiração mensal. Ele estima os excedentes hídricos e quantifica as deficiências hídricas mensais. O Quadro 2, de acordo com MATIELLO (1991), mostra os parâmetros de aptidão por deficiências hídricas anuais para o café arábica e conilon.

O Quadro 1B indica a aptidão hídrica para o cafeeiro, considerando indicações da necessidade ou não de irrigação, conforme SANTINATO et al. (1996).

Quadro 2 – Faixa de aptidão por deficiência hídrica anual para o café arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* L.)

Aptidão	Café arábica	Café conilon
Regiões aptas	< 150 mm	< 200 mm
Regiões marginais	150-200 mm	200-400 mm
Regiões inaptas	> 200 mm	> 400 mm

A aptidão por classe de solo para o café conilon e arábica está disposta no Quadro 3. Observa-se que, na Bacia do Rio Itapemirim, predominam basicamente oito classes de solo, sendo as suas características físicas e químicas relacionadas diretamente com a aptidão do café conilon e arábica, que são iguais.

Quadro 3 – Aptidão por classes de solos para o café arábica e conilon na Bacia do Rio Itapemirim, ES

Aptidão	Classes de solo
Solos aptos	Latosolo Vermelho-Amarelo
	Terra Roxa Estruturada
	Brunizem
	Podzólico Vermelho-Amarelo
Solos restritos	Cambissolo
Solos inaptos	Solos Aluviais
	Solos Arcoquartzosos
	Solos Litólicos

3.5. Procedimentos para geração dos mapas de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

O trabalho foi baseado na sobreposição de mapas que caracterizam a temperatura média anual do ar, a deficiência hídrica anual e as classes de solos favoráveis ao desenvolvimento do café arábica e conilon, na Bacia do Rio Itapemirim.

Todos os mapas digitais da Bacia do Rio Itapemirim foram elaborados através do software IDRISI (versão 2.0 Windows), desenvolvido pelo

Departamento de Geografia da Clark University, nos EUA, sendo a entrada dos dados executada manualmente através de uma mesa digitalizadora, com base nos atributos dos mapas de origem de escala 1:400.000. A digitalização foi feita por meio do processo ponto a ponto, utilizando-se o software TOSCA 212.

O esquema de todas as operações envolvidas no processo de manipulação e execução das diversas etapas que culminaram nos mapas finais do zoneamento agroclimatológico, para o café conilon e arábica, é mostrado nas Figuras 2 e 3.

O mapa de temperatura média anual foi baseado na carta agroclimática do Estado do Espírito Santo, elaborada pela EMCAPA (1988). De acordo com as altitudes de 0 a 200 m, 200 a 600 m, 600 a 1000 m e maior que 1.000 m, foram estabelecidas as faixas de temperatura média anual, utilizando-se o modelo proposto por FEITOSA e SCARDUA (1979). Para as quatro faixas de altitude, as faixas térmicas encontradas foram:

- Faixa térmica 1: $22,5 \leq Ta < 24,0$ °C
- Faixa térmica 2: $20,0 \leq Ta < 22,5$ °C
- Faixa térmica 3: $18,0 \leq Ta < 20,0$ °C
- Faixa térmica 4: $17,0 \leq Ta < 18,0$ °C

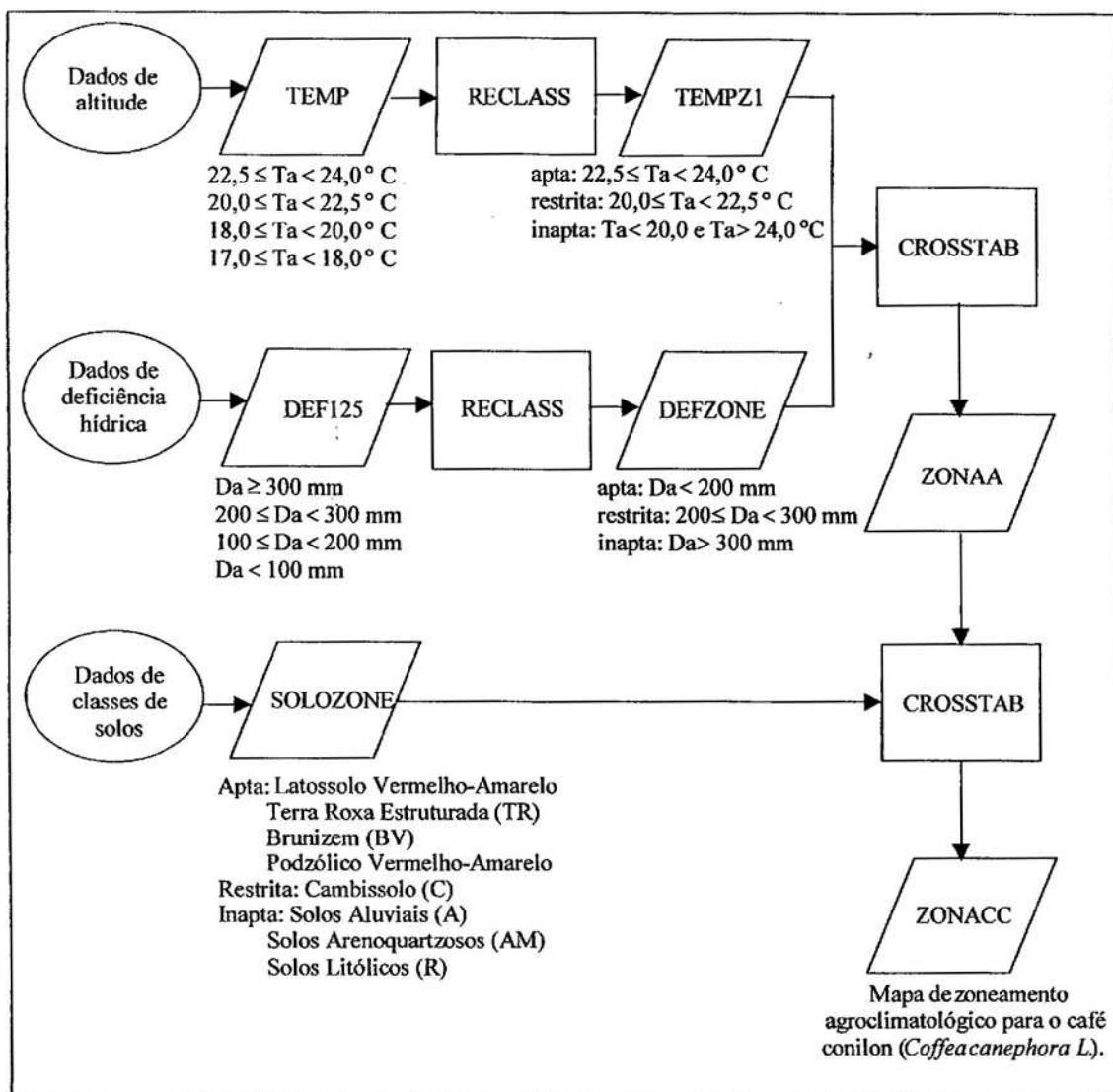
Uma vez estabelecido o mapa de faixas de temperatura média anual, foi gerado o mapa de zonas de temperatura média anual, por intermédio da reclassificação, considerando as faixas de aptidão para os dois tipos de café, que foram:

Café conilon:

- Apta: $(22,5 \leq Ta \leq 24,0$ °C)
- Restrita: $(20,0 \leq Ta \leq 22,5$ °C)
- Inapta: $(Ta < 20,0$ e $Ta > 24,0$ °C)

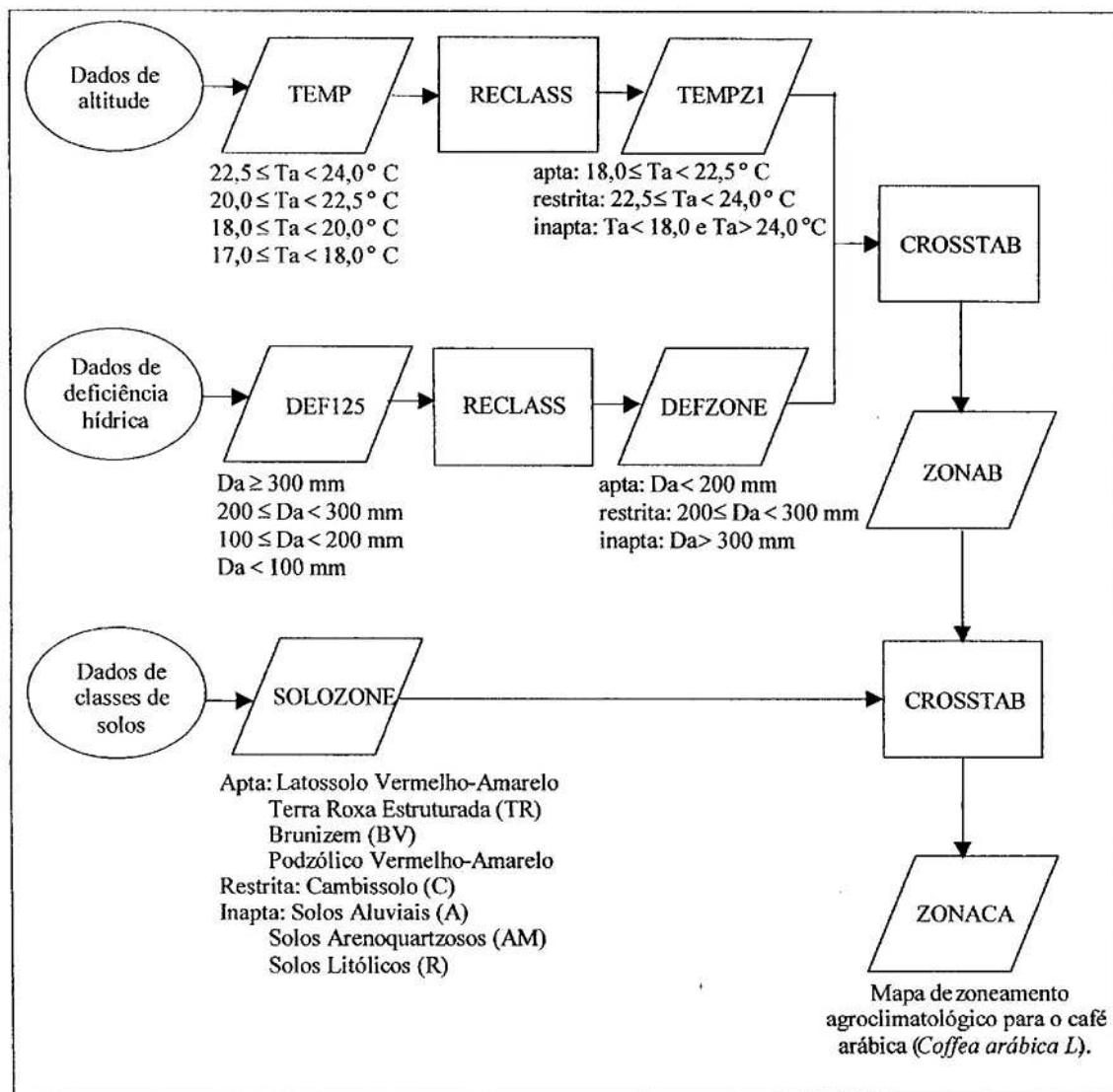
Café arábica:

- Apta: $(18,0 \leq Ta \leq 22,5$ °C)
- Restrita: $(22,5 \leq Ta \leq 24,0$ °C)
- Inapta: $(Ta < 18,0$ e $Ta > 24,0$ °C)



Obs.: Ta: temperatura média anual e Da: deficiência hídrica anual.

Figura 2 – Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (*Coffea canephora L.*), na Bacia do Rio Itapemirim, ES.



Obs.: Ta: temperatura média anual e Da: deficiência hídrica anual.

Figura 3 – Fluxograma das etapas necessárias para obtenção do mapa de zoneamento agroclimático para o café arábica (*Coffea arabica* L.), na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

Por meio dos dados de temperatura média do ar e precipitação pluvial em nível mensal, calculou-se o balanço hídrico seqüencial mensal, de acordo com o método proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955), assumindo-se uma capacidade máxima de armazenamento de água no solo de 125 mm. Para o cálculo do balanço hídrico, foram utilizados dados de 12 postos da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), localizados na bacia hidrográfica, considerando uma série de 30 anos (1958-1987). O Quadro 4 mostra a localização dos 12 postos da ANEEL e as suas referências geográficas.

De acordo com os resultados do balanço hídrico, foi gerado o mapa de classes de deficiência hídrica anual, estipulando as áreas de deficiência hídrica, as quais foram interpoladas manualmente, pelo fato de se tratar de um fenômeno natural e de o software IDRISI apresentar limitações para relevo acidentado, como é o caso da Bacia do Rio Itapemirim. As classes de deficiência hídrica obtidas foram:

Quadro 4 – Localização e referências geográficas de 12 postos da ANEEL, situados na Bacia do Rio Itapemirim, ES

	Local	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)
1	Barra do Itapemirim	4	21,01	40,50
2	Usina Paineiras	40	20,58	40,59
3	Atilio Vivácqua	76	20,55	41,11
4	Monte Alegre	600	20,57	41,21
5	Castelo	107	20,36	41,29
6	Rive	127	20,44	41,29
7	Itaici	380	20,32	41,31
8	Conceição do Castelo	600	20,21	41,45
9	Usina Fortaleza	580	20,21	41,24
10	Iuna	615	20,21	41,32
11	Santa Cruz	920	20,19	41,42
12	Ibitirama	794	20,32	41,40

- $Da \geq 300$ mm
- $200 \leq Da < 300$ mm
- $100 \leq Da < 200$ mm
- $Da < 100$ mm

Uma vez estabelecido o mapa de classes de deficiência hídrica anual, foi gerado o mapa de zonas de deficiência hídrica anual, por intermédio da reclassificação, considerando as faixas de aptidão para o café conilon e arábica. Pelo fato de as faixas de aptidão para o café conilon e arábica serem diferentes, foram utilizados pontos intermediários, comuns a ambos, visando atender os intervalos de deficiência hídrica para os dois tipos de café, que foram os seguintes:

- Apta: ($Da < 200$ mm)
- Restrita: ($200 \leq Da \leq 300$ mm)
- Inapta: ($Da > 300$ mm)

O mapa de zonas de classes de solo foi adaptado da carta de levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo, elaborada pela EMCAPA (1971). Das 14 classes de solo existentes na bacia, foram avaliadas somente as oito classes de solo predominantes, as quais estão apresentadas na Figura 4. As faixas de aptidões, por classe de solo, tanto para o café conilon como para o arábica, são as seguintes:

Aptas:

- Latossolo Vermelho-Amarelo
- Terra Roxa Estruturada
- Brunizem
- Podzólico Vermelho-Amarelo

Restrita:

- Cambissolo

Inaptas:

- Solos Aluviais
- Solos Arenoquartzosos
- Solos Litólicos

Finalmente, os mapas de zoneamento agroclimatológico, para o café arábica e conilon, foram obtidos através do cruzamento dos mapas de zonas, já reclassificados, de temperatura média anual, deficiência hídrica anual e classes de solos.

3.6. Procedimentos para geração do mapa de produtividade, produção e área plantada com café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

O mapa de produtividade, produção e área plantada foi baseado nos dados referentes à produtividade, produção e área plantada dos municípios que fazem parte da Bacia do Rio Itapemirim, oriundos da EMATER-ES (1994). Foram gerados dois mapas, um para o café conilon e outro para o arábica, utilizando o mapa planialtimétrico do Estado do Espírito Santo, elaborado pela SEAG-ES (1991), onde primeiramente foram digitalizados os contornos dos 16 municípios que fazem parte da bacia; posteriormente, os atributos de cada município foram representados pela sua respectiva produtividade, produção e área plantada, gerando os mapas finais. Após a geração dos mapas, realizou-se uma análise da influência dos elementos climáticos edáficos na produtividade do café conilon e arábica para todos os municípios da bacia.



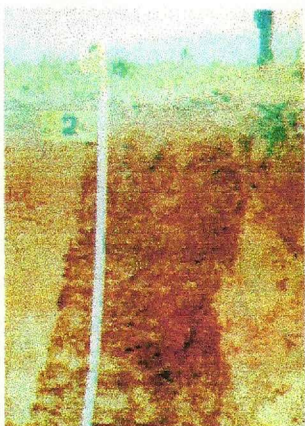
(a) Latossolo Vermelho-Amarelo



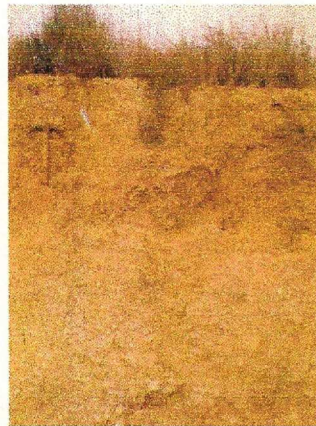
(b) Terra Roxa Estruturada



(c) Brunizem



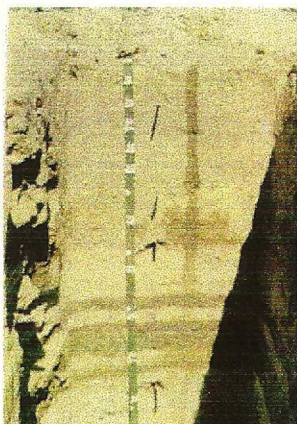
(d) Podzólico Vermelho-Amarelo



(e1) Cambissolo Distrófico



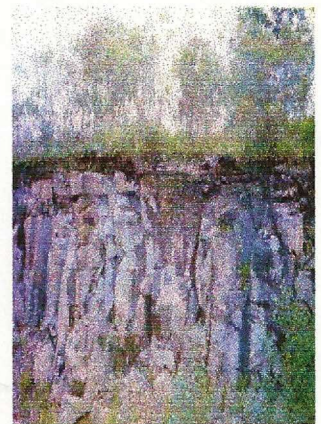
(e2) Cambissolo Eutrófico



(f) Solos Aluviais



(g) Arenosquartzosos



(h) Solos Litólicos

Figura 4 – Classes de solo da Bacia do Rio Itapemirim, ES.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

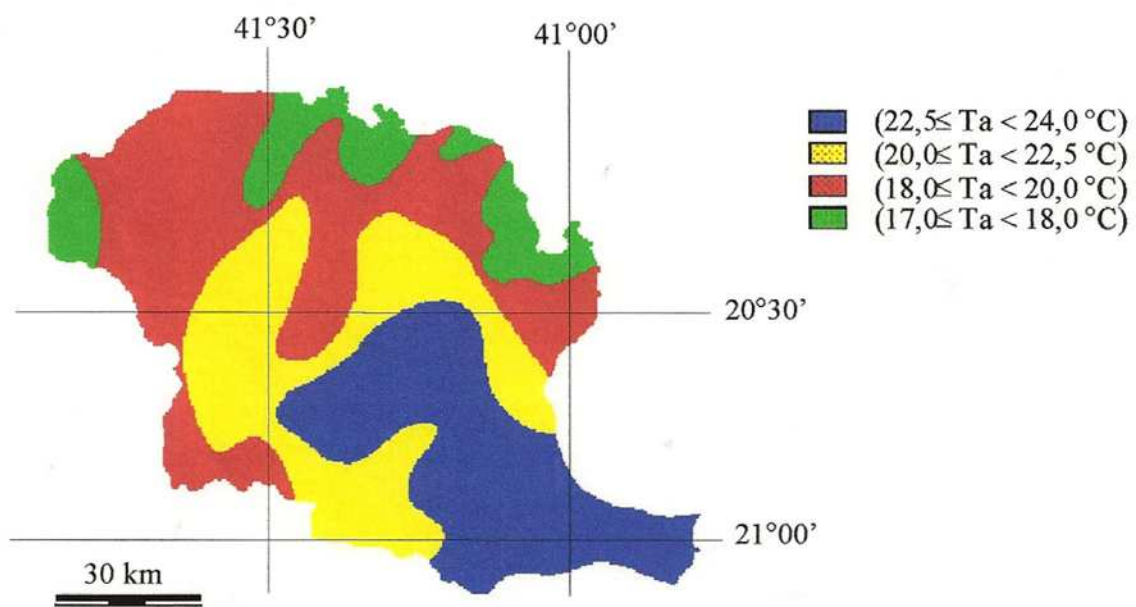
4.1. Mapa de zonas de temperatura média anual

A Figura 5 mostra o mapa de faixas de temperatura média anual na Bacia do Rio Itapemirim. Pelo fato de o relevo da bacia ser bastante acidentado, observa-se que ocorre grande variação das temperaturas, as quais são maiores próximo do litoral (sentido leste) e menores nas áreas mais elevadas (sentido noroeste).

Uma vez estabelecido o mapa de faixas de temperatura média anual, foram gerados os mapas de zonas de temperatura média anual, considerando as faixas de aptidão para o café conilon e arábica.

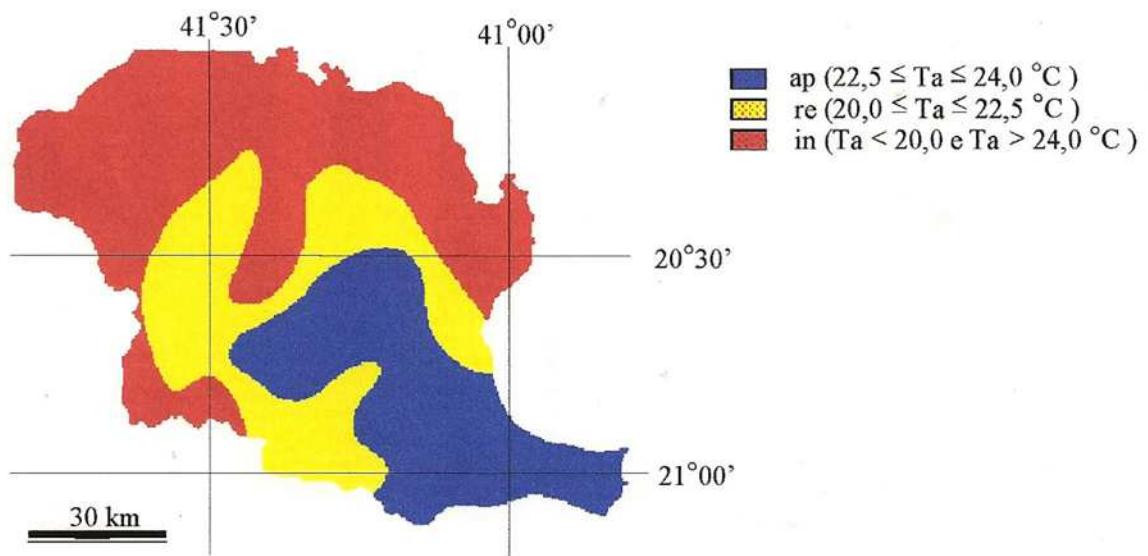
O mapa de zonas de temperatura média anual para o café conilon é apresentado na Figura 6. Observa-se que este café, pelo fato de necessitar de maior temperatura para seu desenvolvimento, apresenta menor área propícia.

A Figura 7 apresenta o mapa de zonas de temperatura média anual para o café arábica. É possível observar que a maior parte da bacia é favorável ao desenvolvimento deste café, visto que as altitudes elevadas contribuem para temperaturas mais baixas.



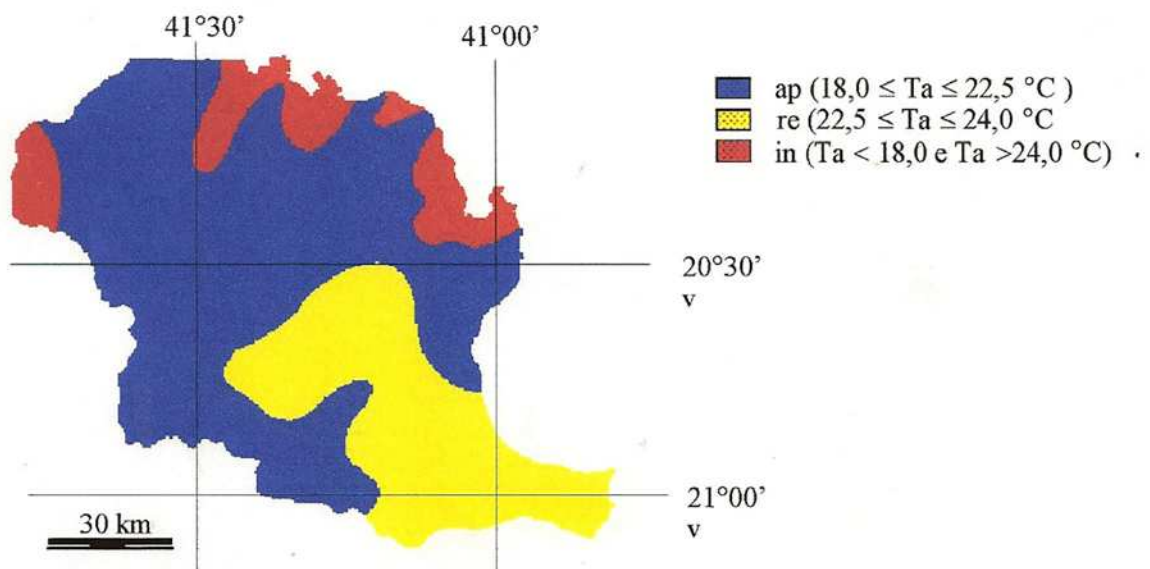
Ta: temperatura média anual.

Figura 5 – Faixas de temperatura média anual na Bacia do Rio Itapemirim, ES.



ap: apta; re: restrita; in: inapta; Ta: temperatura média anual.

Figura 6 – Zonas de temperatura média anual para o café conilon (*Coffea canephora* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.



ap: apta; re: restrita; in: inapta; Ta: temperatura média anual.

Figura 7 – Zonas de temperatura média anual para o café arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

O relevo acidentado e as variações de altitude são predominantes na Bacia do Rio Itapemirim, exercendo influência direta sobre as aptidões do café conilon e arábica, devido ao fato de haver uma relação quase linear entre a temperatura e a altitude.

4.2. Mapa de zonas de deficiência hídrica anual

De acordo com os resultados do balanço hídrico seqüencial mensal, mostrados no Quadro 5, observa-se que as localidades de altitude mais elevadas apresentam deficiência hídrica e evapotranspiração real menor, quando comparadas com as localidades de altitudes menores.

Quadro 5 – Resultados do balanço hídrico seqüencial mensal para 12 localidades da Bacia do Rio Itapemirim, ES.

Local	Altitude (m)	ER (mm)	DEF (mm)
Barra do Itapemirim	4,0	941,0	378,0
Usina Paineiras	40,0	991,0	320,0
Atílio Vivácqua	76,0	1004,0	275,0
Monte Alegre	600,0	777,0	25,0
Castelo	107,0	1077,0	188,0
Rive	127,0	1080,0	161,0
Itaici	380,0	867,0	66,0
Conceição do Castelo	600,0	782,0	33,0
Usina Fortaleza	580,0	781,0	46,0
Iúna	615,0	736,0	71,0
Santa Cruz	920,0	643,0	30,0
Ibitirama	794,0	680,0	44,0

ER: evapotranspiração real anual e DEF: deficiência hídrica anual.

O mapa de classes de deficiência hídrica anual está apresentado na Figura 8, sendo elas bastante variáveis, visto que ocorre grande discrepância para os valores de deficiência hídrica obtidos para as 12 localidades. Observa-se, também, que a maior parte da bacia apresenta deficiência hídrica menor que 200 mm, sendo uma consequência direta de temperaturas menores e de maior disponibilidade de água no solo.

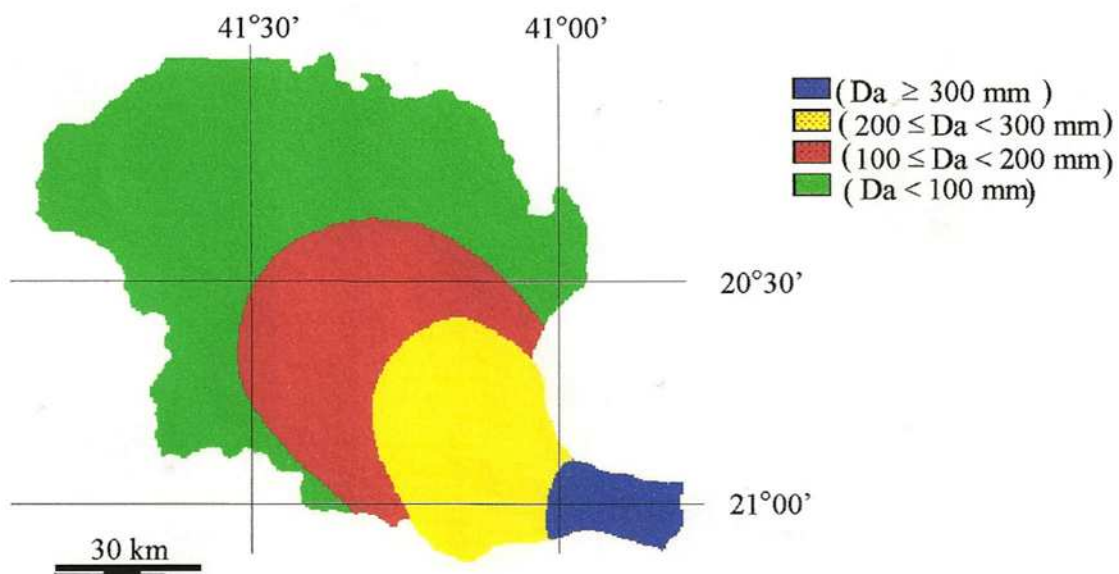
A Figura 9 mostra as zonas de deficiência hídrica anual tanto para o café conilon como para o arábica. Observa-se que as áreas de menor altitude apresentam maior deficiência hídrica devido principalmente aos menores índices pluviométricos e, também, aos maiores índices de evapotranspiração real, ou seja, maior disponibilidade de energia. É possível observar que, à medida que se aproxima do litoral, o cultivo do café conilon e arábica se torna inviável, em razão dos altos valores de deficiência hídrica.

4.3. Mapa de zonas de classes de solo

O mapa de zonas de classes de solos para o café conilon e arábica é mostrado na Figura 10. Observa-se que a maior parte da bacia é composta por solos aptos e restritos ao plantio de café conilon e arábica e que a maior parte dos solos próximos do litoral é inapta, apresentando também pequenas áreas inaptas na região central da bacia.

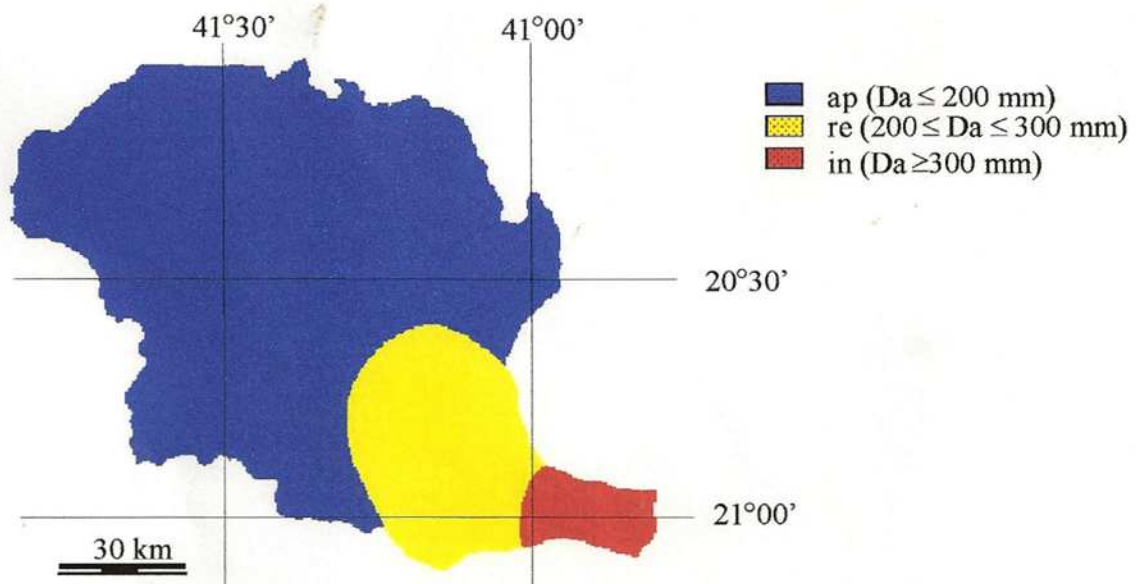
4.4. Mapa de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.)

A Figura 11 mostra o mapa de zoneamento agroclimatológico para o café conilon na Bacia do Rio Itapemirim. Observa-se que, pelo fato de o café conilon necessitar de maiores temperaturas, as áreas propícias ao seu cultivo são



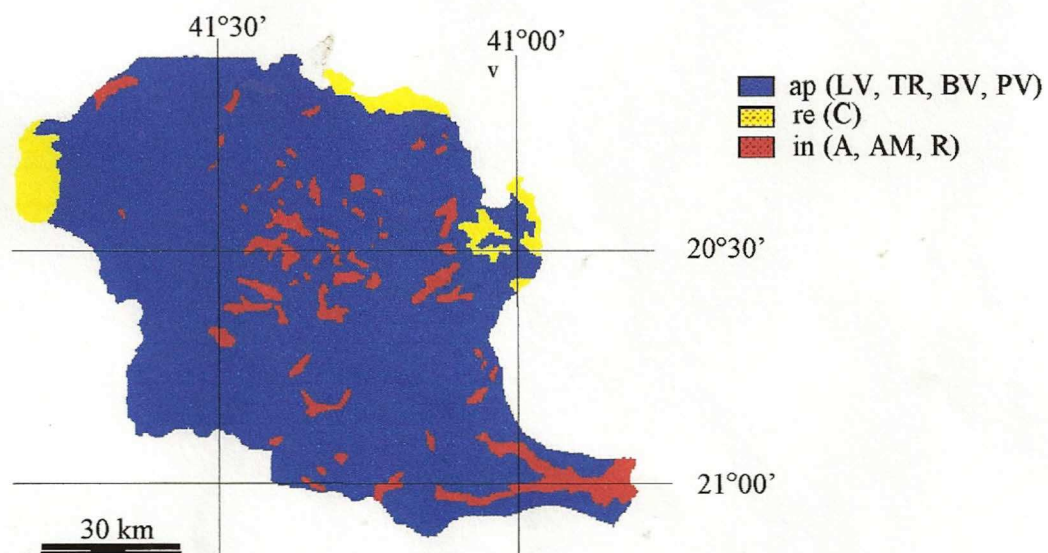
Da: deficiência hídrica anual (CAD = 125 mm).

Figura 8 – Faixas de deficiência hídrica anual na Bacia do Rio Itapemirim, ES.



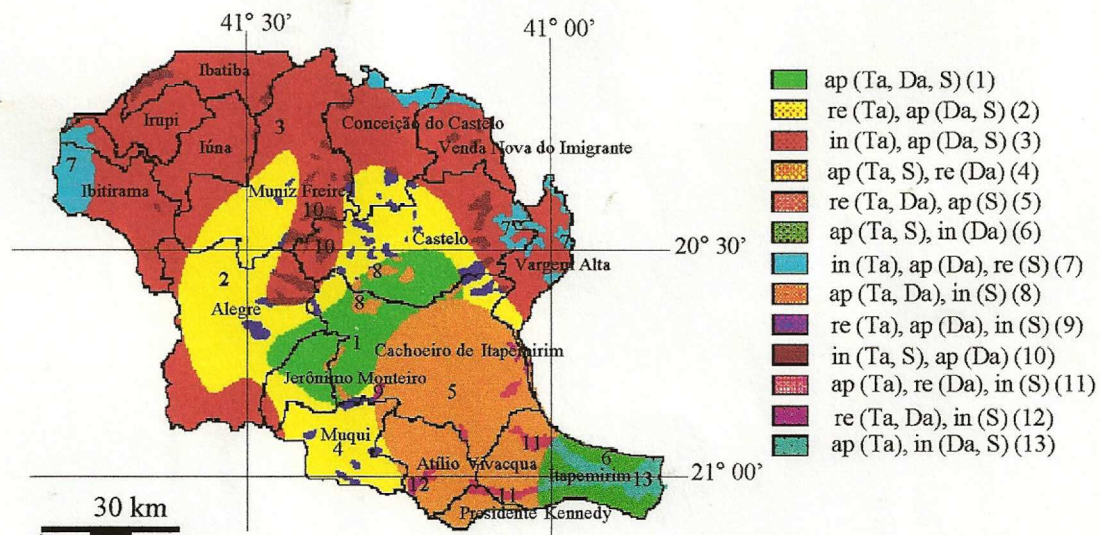
ap: apta; re: restrita; in: inapta; Da: deficiência hídrica anual.

Figura 9 – Zonas de deficiência hídrica anual para o café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.



ap: apta; re: restrita; in: inapta; LV: Latossolo Vermelho-Amarelo; TR: Terra Roxa Estruturada; BV: Brunizem; PV: Podzólico Vermelho-Amarelo; C: Cambissolo; A: Solos Aluviais; AM: Solos Arenoquartzosos; R: Solos Litólicos.

Figura 10 – Zonas de solos para o café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.



ap: apta; re: restrita; in: inapta; Ta: temperatura média anual; Da: deficiência hídrica anual; S: solo.

Figura 11 – Zoneamento agroclimatológico para o café conilon (*Coffea canephora* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

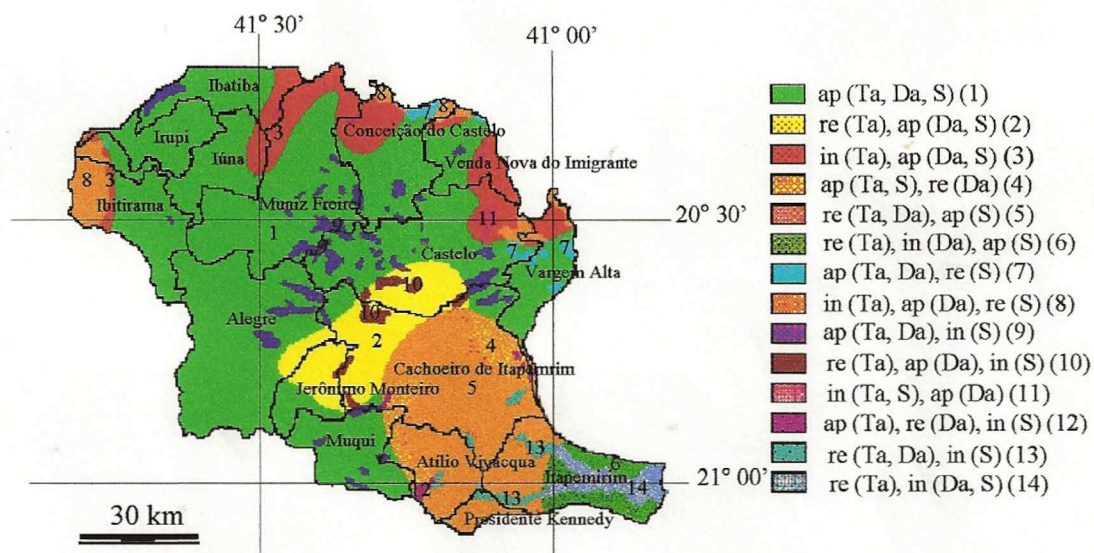
menores, quando comparadas com outras áreas impróprias. É possível observar também que, à medida que se caminha no sentido que vai de leste para oeste, as áreas propícias ao desenvolvimento do café conilon apresentam-se inicialmente restritas, passando a aptas e diminuindo; na direção noroeste, praticamente se torna inviável o plantio do café conilon.

O mapa de zoneamento agroclimatológico para o café arábica é mostrado na Figura 12. Observa-se que, pelo fato de o café arábica necessitar de menores temperaturas, as áreas propícias ao seu cultivo são bem superiores às áreas consideradas impróprias. Em razão de a deficiência hídrica ser bastante elevada nas proximidades do litoral e de os solos não serem aptos ao desenvolvimento do café arábica, praticamente se torna inviável o seu plantio nestas áreas.

Os Quadros 6 e 7 apresentam os dados referentes ao zoneamento agroclimatológico para o café conilon e arábica na Bacia do Rio Itapemirim. Apresentam, também, as áreas, em hectares, para cada situação e a porcentagem.

A Figura 13 apresenta a porcentagem das áreas aptas, inaptas e restritas para o café conilon; e a Figura 14 mostra a porcentagem das áreas totalmente aptas, aptas com alguma restrição e inaptas para o café conilon na Bacia do Rio Itapemirim. Os resultados mostram que o café conilon pode ser cultivado em 38,78% da área, podendo apresentar alguma restrição por temperatura, deficiência hídrica e classe de solo; que 7,32% da área total é considerada totalmente apta; e que 53,9% é considerada inapta para o cultivo do café conilon.

A Figura 15 mostra a porcentagem das áreas aptas, inaptas e restritas para o café arábica; e a Figura 16 mostra a porcentagem das áreas totalmente aptas, aptas com alguma restrição e inaptas para o café arábica na Bacia do Rio Itapemirim. Os resultados mostram que o café arábica pode ser cultivado em 25,02% da área, podendo apresentar alguma restrição por temperatura, deficiência hídrica e classe de solo; que 53,56% da área total é considerada totalmente apta; e que 21,42% é considerada inapta para o cultivo do café arábica.



ap: apta; re: restrita; in: inapta; Ta: temperatura média anual; Da: deficiência hídrica anual; S: solo.

Figura 12 – Zoneamento agroclimatológico para o café arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

Quadro 6 – Dados referentes ao zoneamento agroclimatológico para o café conilon (*Coffea canephora* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES

Legenda	Área (ha)	Porcentagem (%)
ap (Ta, Da, S)	42.968	7,32
re (Ta), ap (Da, S)	129.337	22,02
in (Ta), ap (Da, S)	230.623	39,27
ap (Ta, S), re (Da)	80.161	13,65
re (Ta, Da), ap (S)	18.267	3,11
ap (Ta, S), in (Da)	13.826	2,35
in (Ta), ap (Da), re (S)	22.696	3,86
ap (Ta, Da), in (S)	5.497	0,94
re (Ta), ap (Da), in (S)	10.794	1,84
in (Ta, S), ap (Da)	15.190	2,59
ap (Ta), re (Da), in (S)	5.369	0,91
re (Ta, Da), in (S)	1.697	0,29
ap (Ta), in (Da, S)	10.807	1,84
Total	587.232	100,00

ap: apta; re: restrita; in: inapta; Ta: temperatura média anual; Da: deficiência hídrica; S: solo.

Quadro 7 – Dados referentes ao zoneamento agroclimatológico para o café arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES

Legenda	Área (ha)	Porcentagem (%)
ap (Ta, Da, S)	314.510	53,56
re (Ta), ap (Da, S)	42.968	7,32
in (Ta), ap (Da, S)	45.714	7,78
ap (Ta, S), re (Da)	18.267	3,11
re (Ta, Da), ap (S)	80.161	13,65
re (Ta), in (Da), ap (S)	13.826	2,35
ap (Ta, Da), re (S)	5.549	0,94
in (Ta), ap (Da), re (S)	17.146	2,92
ap (Ta, Da), in (S)	22.668	3,86
re (Ta), ap (Da), in (S)	5.497	0,94
in (Ta, S), ap (Da)	3.316	0,56
ap (Ta), re (Da), in (S)	1.697	0,29
re (Ta, Da), in (S)	5.369	0,91
re (Ta), in (Da, S)	10.544	1,80
Total	587.232	100,00

ap: apta; re: restrita; in: inapta; Ta: temperatura média anual; Da: deficiência hídrica; S: solo.

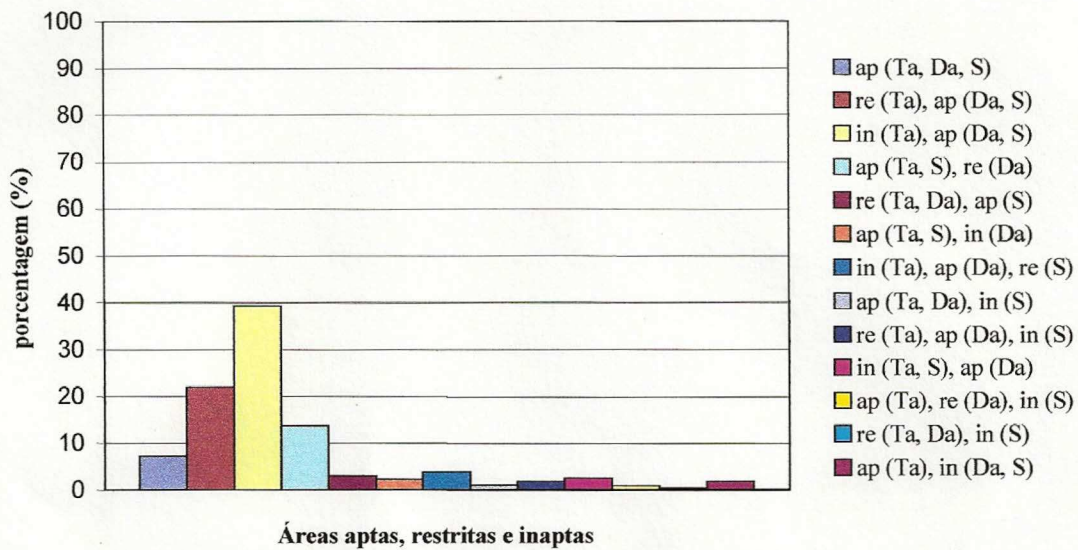


Figura 13 – Porcentagem de áreas aptas, inaptas e restritas para o café conilon (*Coffea canephora* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

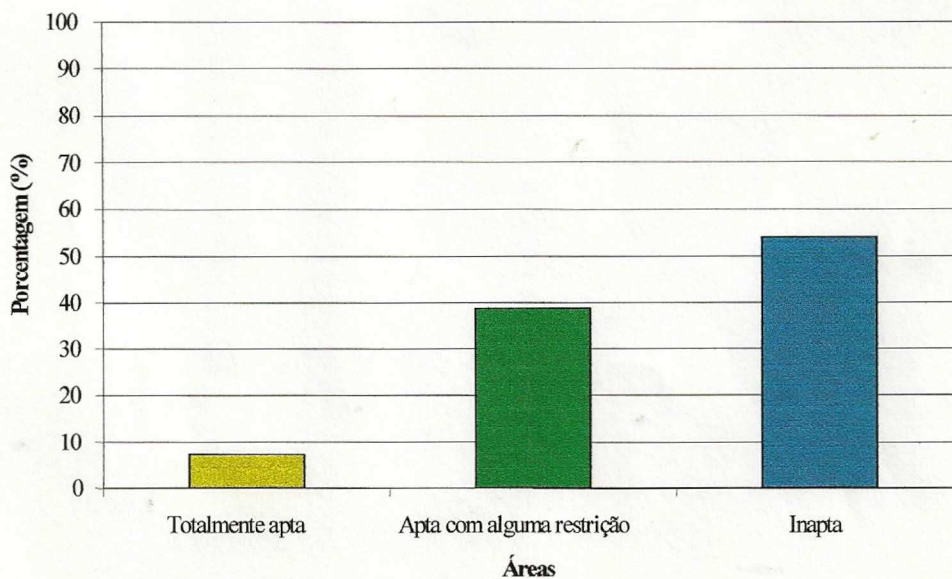


Figura 14 – Porcentagem de áreas totalmente aptas, aptas com alguma restrição e inaptas para o café conilon (*Coffea canephora* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

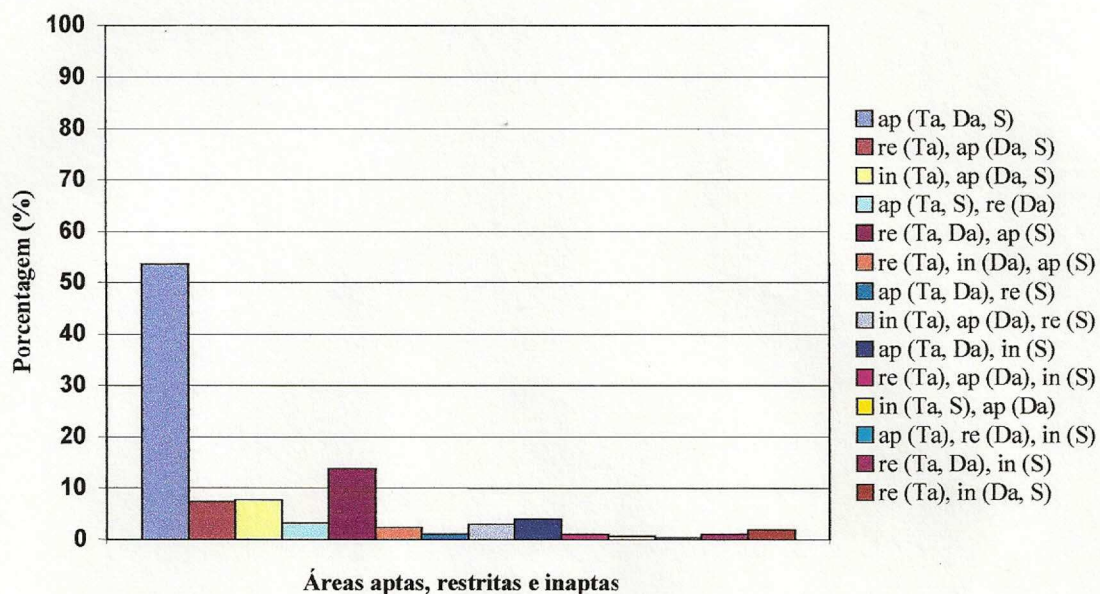


Figura 15 – Porcentagem de áreas aptas, inaptas e restritas para o café arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

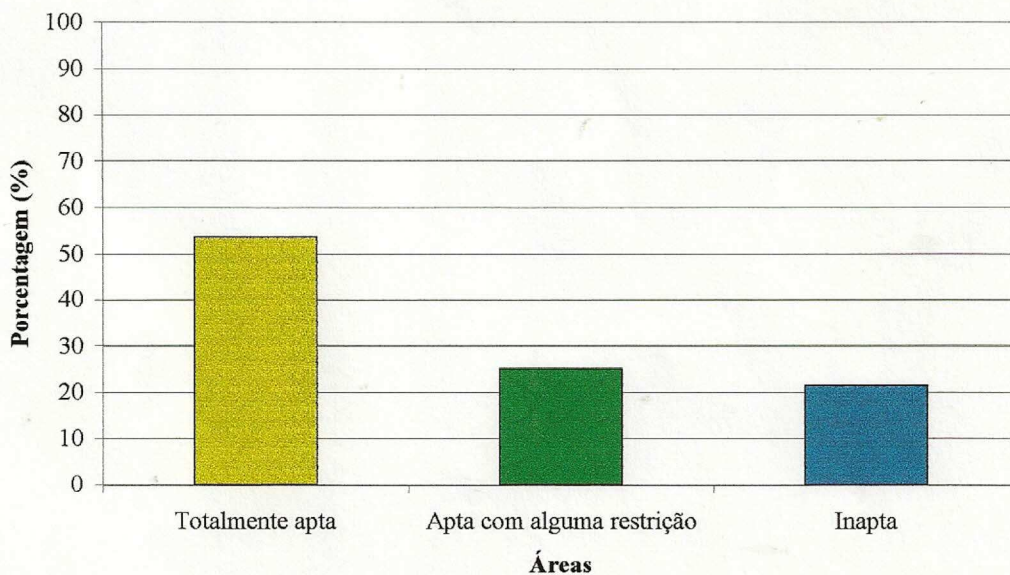


Figura 16 – Porcentagem de áreas totalmente aptas, aptas com alguma restrição e inaptas para o café arábica (*Coffea arabica* L.) na Bacia do Rio Itapemirim, ES.

A diferença ocorrida entre as áreas propícias para o cultivo do café conilon e arábica pode ser explicada pelo fato de a região apresentar o relevo bastante irregular, com altitudes elevadas e, conseqüentemente, temperaturas mais favoráveis ao cultivo do café arábica.

De acordo com os resultados do zoneamento agroclimatológico para o café arábica e conilon, observa-se que nas áreas de maior elevação, que apresentam temperaturas menores que 18 °C para o café arábica e 22 °C para o café conilon, todas as duas culturas poderão apresentar exuberância vegetativa e baixa diferenciação floral, não sendo recomendado, portanto, o plantio do café nestas áreas, visto que sintomas típicos de crestamento poderão ocorrer no inverno, diminuindo consideravelmente a produtividade.

Nas áreas mais baixas, próximas do litoral, é possível observar, através do zoneamento agroclimatológico, que a deficiência hídrica e a temperatura apresentam valores elevados, influenciando o desenvolvimento da cultura, que pode apresentar abortamento floral e formação de “estrelinhas”, não sendo recomendado, portanto, o plantio de café nestas áreas.

4.5. Mapas de produtividade, produção e área plantada para o café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arábica* L.)

A área plantada, a produção e a produtividade para o ano de 1994 dos nove municípios que produzem café conilon na Bacia do Rio Itapemirim estão representadas na Figura 17 e no Quadro 8. É possível observar que os municípios que apresentam maior área plantada e produção, em ordem hierárquica, são: Cachoeiro de Itapemirim, Castelo, Atílio Vivácqua, Muqui, Jerônimo Monteiro, Alegre, Presidente Kennedy e Itapemirim. Comparando os resultados do mapa de zoneamento agroclimatológico para o café conilon (Figura 11) com os resultados de produtividade (Figura 17), observa-se que os municípios que apresentam maiores produtividades estão localizados na região central da bacia, exatamente nas áreas totalmente aptas ou aptas com algumas restrição, e os que apresentam

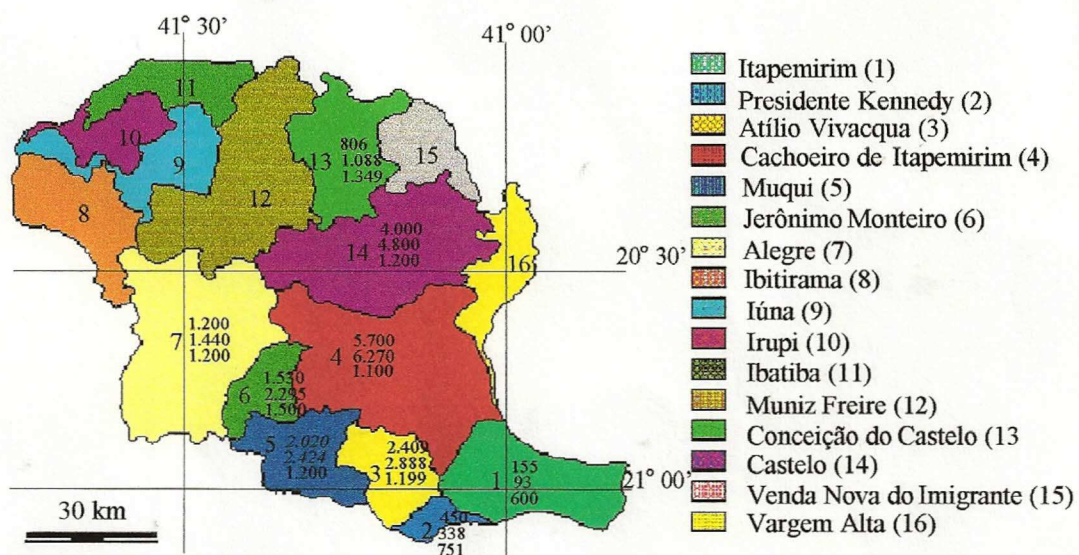


Figura 17 – Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) para o café conilon (*Coffea canephora* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES.

Quadro 8 – Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) de café conilon (*Coffea canephora* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES

Municípios	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg/ha)
Itapemirim	155	93	600
Presidente Kennedy	450	338	751
Atilio Vivacqua	2.409	2.888	1.199
Cachoeiro de Itapemirim	5.700	6.270	1.100
Muqui	2.020	2.424	1.200
Jerônimo Monteiro	1.530	2.295	1.500
Alegre	1.200	1.440	1.200
Ibitirama	—	—	—
Iúna	—	—	—
Irupi	—	—	—
Ibatiba	—	—	—
Muniz Freire	—	—	—
Conceição do Castelo	806	1.088	1.349
Castelo	4.000	4.800	1.200
Venda Nova do Imigrante	—	—	—
Vargem Alta	—	—	—

Adaptado de SEAG/EMATER-ES

menores produtividades estão localizados nas áreas mais próximas do litoral, consideradas inaptas por deficiência hídrica ou classe de solo. É possível observar também que os municípios localizados nas direções oeste e noroeste da bacia, pelo fato de apresentarem altitudes maiores e temperaturas mais baixas, não são propícios para o desenvolvimento do café conilon.

A Figura 18 e o Quadro 9 mostram a área plantada, a produção e a produtividade, para o ano de 1994, dos 14 municípios que produzem café arábica na Bacia do Rio Itapemirim. É possível observar que os municípios que apresentam maior área plantada e produção, em ordem hierárquica, são: Vargem Alta, Iúna, Muniz Freire, Irupi, Ibitirama, Alegre, Ibatiba, Castelo, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante, Muqui, Cachoeiro de Itapemirim, Jerônimo Monteiro e Atilio Vivácqua. Por meio da comparação dos resultados obtidos com o zoneamento agroclimatológico para o café arábica, como indica a Figura 12, com os resultados da Figura 18, é possível observar que os municípios que apresentam maior produtividade estão localizados nas direções oeste e noroeste, ou seja, em áreas aptas ou aptas com alguma restrição, e os municípios que apresentam menor produtividade estão localizados em áreas de maior elevação, inaptas por temperatura, e nas áreas próximas do litoral, que são inaptas por deficiência hídrica e classe de solo.

O café arábica é considerado uma planta tropical de altitude, adaptada a clima úmido, de temperaturas amenas, sendo estas características fundamentais para o bom desenvolvimento da cultura na maior parte dos municípios da bacia, que apresenta condições climáticas mais favoráveis para o cultivo do café arábica do que para o conilon.

As Figuras 19 e 20 apresentam uma comparação, para área plantada e produção, entre o café arábica e o conilon para os 16 municípios da Bacia do Rio Itapemirim. Pelo fato de o café arábica apresentar melhor adaptabilidade às condições ambientais da bacia, observa-se que a área plantada deste café é superior à do café conilon, com exceção de Muqui, Cachoeiro de Itapemirim, Jerônimo Monteiro, Atilio Vivacqua, Itapemirim e Presidente Kennedy.

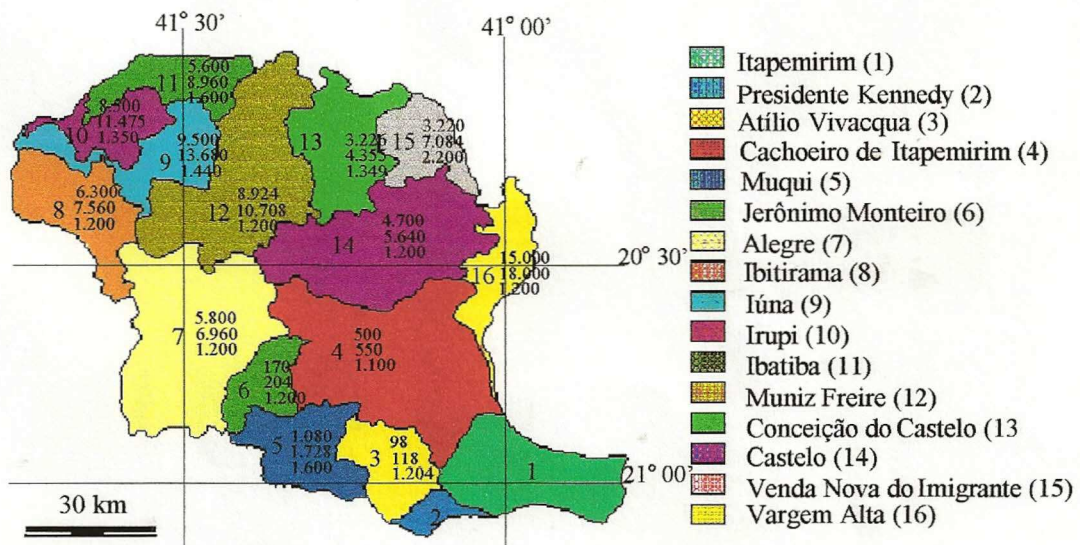
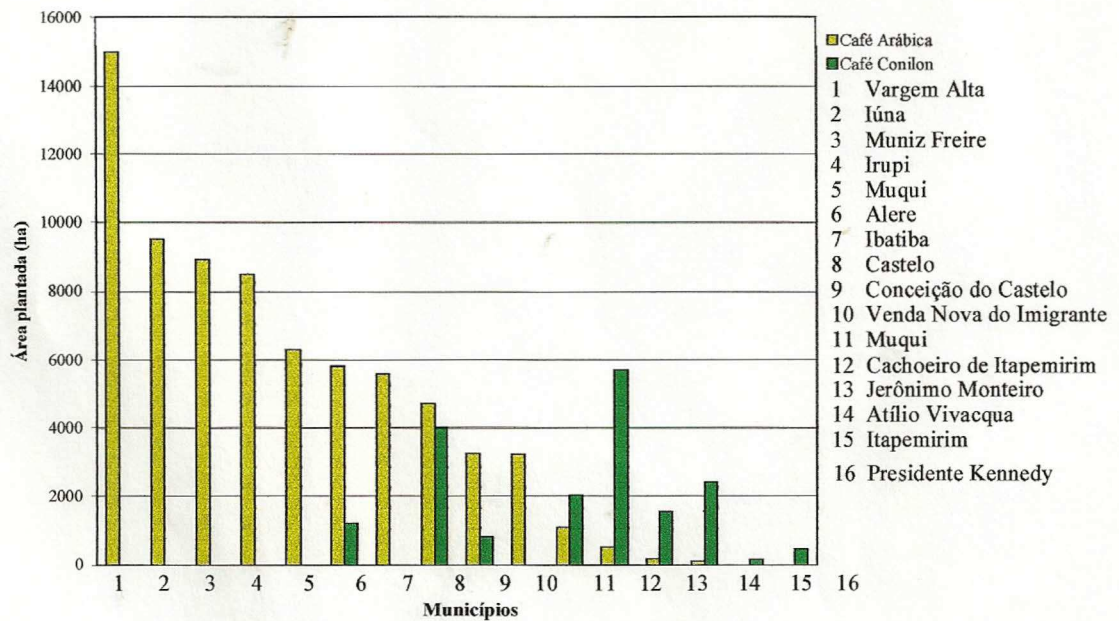


Figura 18 – Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) para o café arábica (*Coffea arabica* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES.

Quadro 9 – Área plantada (ha), produção (t) e produtividade (kg/ha) de café arábica (*Coffea arabica* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES

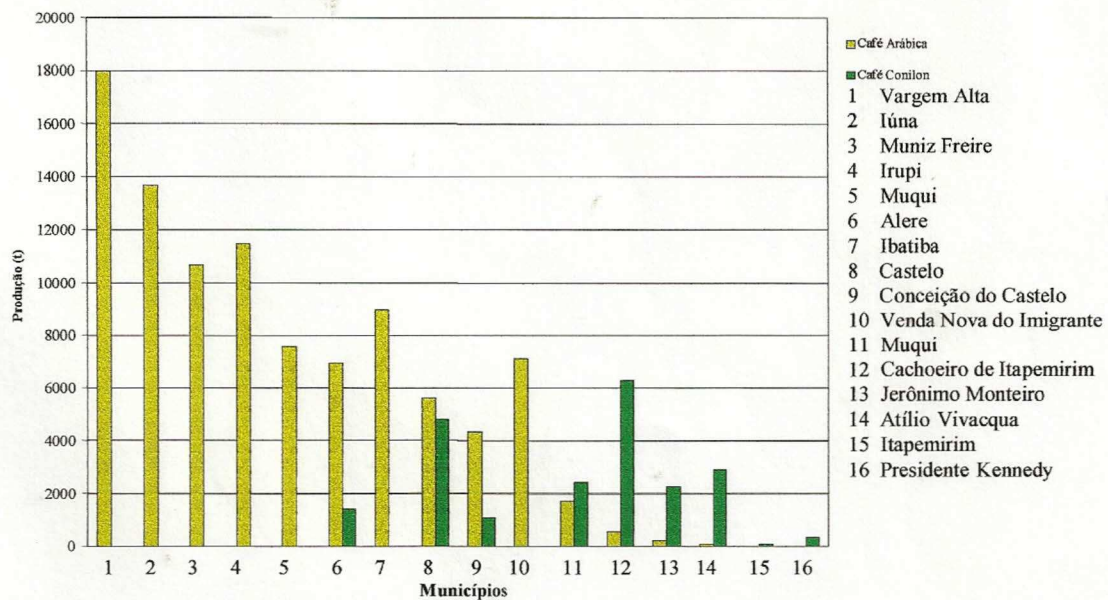
Municípios	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg/ha)
Itapemirim	—	—	—
Presidente Kennedy	—	—	—
Atilio Vivacqua	98	118	1.204
Cachoeiro de Itapemirim	500	550	1.100
Muqui	1.080	1.728	1.600
Jerônimo Monteiro	170	204	1.200
Alegre	5.800	6.960	1.200
Ibitirama	6.300	7.560	1.200
Iúna	9.500	13.680	1.440
Irupi	8.500	11.475	1.350
Ibatiba	5.600	8.960	1.600
Muniz Freire	8.924	10.708	1.200
Conceição do Castelo	3.226	4.355	1.349
Castelo	4.700	5.640	1.200
Venda Nova do Imigrante	3.220	7.084	2.200
Vargem Alta	15.000	18.000	1.200

Adaptado de SEAG/EMATER-ES.



Adaptado de SEAG/EMATER-ES.

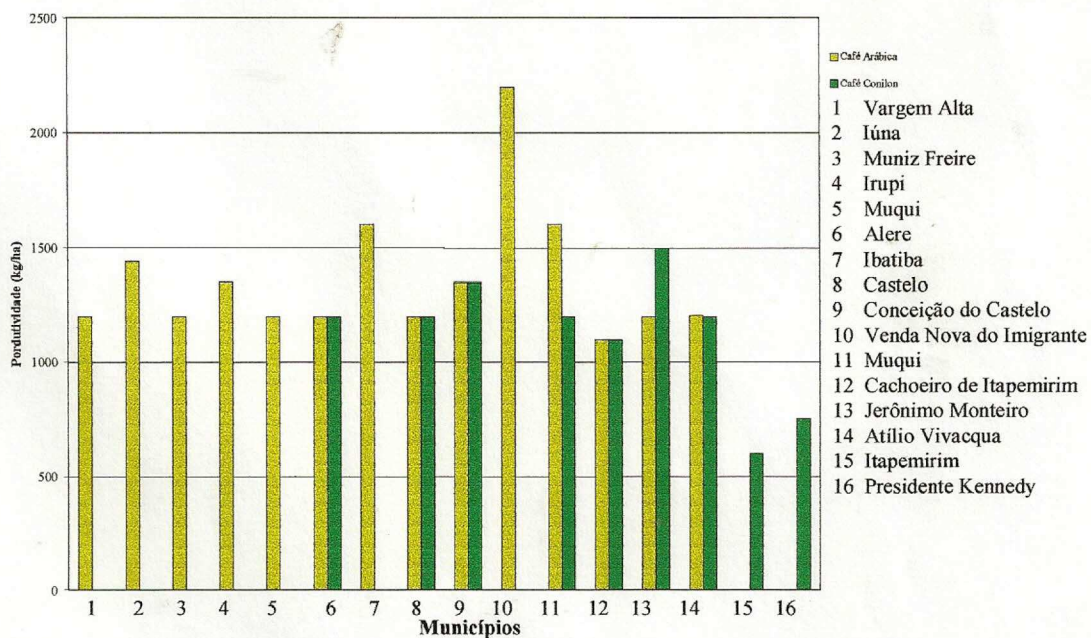
Figura 19 – Área plantada (ha) de café arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES.



Adaptado de SEAG/EMATER-ES.

Figura 20 – Produção (t) de café arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES.

Por meio da comparação de produtividade entre o café arábica e o conilon, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, como mostra a Figura 21, é possível observar que, para ambas as culturas, a produtividade se manteve em torno de 1.200 kg/ha, com exceção de Venda Nova do Imigrante, Ibatiba e Muqui, que apresentaram produtividades superiores para o café arábica.



Adaptado de SEAG/EMATER-ES.

Figura 21 – Produtividade (kg/ha) de café arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* L.), no ano de 1994, para os municípios da Bacia do Rio Itapemirim, ES.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O café representa a maior fonte de renda da agricultura para o Estado do Espírito Santo, sendo cultivado em todo o estado, contribuindo para a sustentabilidade da economia estadual, com profundas implicações no nível de renda da população rural.

Com o objetivo de auxiliar os produtores da Bacia do Rio Itapemirim, situada no sul do Estado do Espírito Santo, no que se refere às características climáticas e às futuras atividades agrícolas que serão colocadas em prática, este trabalho teve como objetivos principais estabelecer o zoneamento agroclimatológico e analisar a influência dos elementos climáticos sobre a produtividade da cultura do café arábica e conilon. O zoneamento foi baseado na sobreposição de mapas que caracterizam a temperatura média anual do ar, a deficiência hídrica anual e as classes de solos favoráveis ao desenvolvimento do café arábica e conilon. Os mapas de temperatura média anual foram baseados na carta agroclimática do Estado do Espírito Santo, elaborada pela EMCAPA (1988); os de deficiência hídrica anual foram baseados no balanço hídrico climático proposto por THORTHWAITE e MATHER (1955), assumindo uma capacidade máxima de armazenamento de 125 mm; o de classes de solo foi adaptado da carta de levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo, elaborada pela EMCAPA (1971); e o de área plantada, produção

e produtividade foi baseado nos dados referentes à área plantada, produção e produtividade de todos os municípios que fazem parte da Bacia do Rio Itapemirim, oriundos da EMATER-ES (1994). Todos os mapas digitais da Bacia do Rio Itapemirim foram elaborados através do software IDRISI (versão 2.0 para Windows), desenvolvido pelo Departamento de Geografia da Clark University, nos EUA, e a entrada dos dados se deu através de uma mesa digitalizadora, com base nos atributos dos mapas de origem de escala 1:400.000. Os mapas de zoneamento agroclimatológico para o café arábica e conilon foram obtidos através do cruzamento dos mapas, já reclassificados, de temperatura média anual, deficiência hídrica anual e classes de solos, e os de área plantada, produção e produtividade foram obtidos através da representação dos municípios que fazem parte da bacia, pela sua respectiva área plantada, produção e produtividade.

A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos nas condições específicas do presente trabalho permitiram concluir que:

1. Pelo fato de o café conilon necessitar de temperaturas mais elevadas, as áreas propícias ao seu cultivo decrescem à medida que se caminha no sentido que vai de leste para oeste, e na direção noroeste praticamente se torna inviável o plantio do café conilon, visto que, com o aumento da altitude, as temperaturas tendem a diminuir.
2. Em razão de o café arábica necessitar de temperaturas menores, as áreas propícias ao seu cultivo são bem superiores às áreas consideradas impróprias. Ainda pelo fato de a deficiência hídrica ser bastante elevada nas proximidades do litoral e os solos não serem aptos ao desenvolvimento do café arábica, praticamente se torna inviável o seu desenvolvimento nestas áreas.
3. O café conilon pode ser cultivado em 38,78% da área, podendo apresentar alguma restrição por temperatura, deficiência hídrica e classe de solo; 7,32% da área total é considerada totalmente apta; e 53,9% é considerada inapta para o cultivo do café conilon.
4. O café arábica pode ser cultivado em 25,02% da área, podendo apresentar alguma restrição por temperatura, deficiência hídrica e classe de solo; 53,56%

da área total é considerada totalmente apta; e 21,42% é considerada inapta para o cultivo do café arábica.

5. Os municípios produtores de café conilon que apresentam maior produtividade estão localizados na região central da bacia, exatamente nas áreas totalmente aptas ou aptas com alguma restrição. Os municípios de menor produtividade estão localizados nas áreas mais próximas do litoral, consideradas inaptas por deficiência hídrica ou classe de solo.
6. Os municípios localizados nas direções oeste e noroeste da bacia, pelo fato de apresentarem altitudes maiores e temperaturas mais baixas, não são propícios para o desenvolvimento do café conilon.
7. Os municípios produtores de café arábica que apresentam maior produtividade estão localizados nas direções oeste e noroeste da bacia, em áreas aptas ou aptas com alguma restrição, e os municípios que apresentam menor produtividade estão localizados em áreas de maior elevação, inaptas por temperatura, e nas áreas próximas do litoral, inaptas por deficiência hídrica e classe de solo.
8. Os municípios localizados nas áreas de menor altitude, próximas do litoral, pelo fato de apresentarem temperaturas elevadas e deficiências hídricas também elevadas, não são propícios para o desenvolvimento do café arábica.
9. A produtividade do café conilon e arábica varia de 600 a 2.200 kg/ha para os municípios da bacia, e a produtividade média está em torno de 1.200 kg/ha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASPIAZÚ, C., BRITES, R. S. **SIGs. Sistemas de informações geográficas: conceituação e importância.** Viçosa: UFV/SIF, 1989. 29p. (Boletim técnico, 2).
- BERRY, J. K. Learning computer-assisted map analysis. **Journal of Forestry**, v.20, p.39-43, 1986.
- CAMARGO, A. P. **Zoneamento da aptidão climática para a cultura do café arábica e robusta no Brasil.** In: Fundação IBGE, Recursos do meio ambiente e poluição, p.68-76, 1977.
- CAMARGO, A. P., PINTO, H. S., PEDRO JR., M. J. Aptidão climática de culturas agrícolas. São Paulo: Secretaria da Agricultura. **Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo**, São Paulo, CATI, v.1, p 109-49, 1974.
- CARVAJAL, J. F. **Cafeto – Cultivo y fertilización.** Costa Rica: Instituto Internacional de la Potasa, 2.ed., 1984. (Universidade de Costa Rica)
- CLARKE, K. C. Recent trends in geographic information system research. **Geo-Processing**, v.3, p.1-15, 1986.
- DADALTO, G. G., BARBOSA, C. A. **Zoneamento agroecológico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo.** Vitória: SEAG-ES, 1997. 28p.
- EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows: User's guide.** Massachusetts: Clark University, 1995. 367p.

- EMATER-ES. **Produção, produtividade e área plantada de café conilon e arábica para os municípios do Estado do Espírito Santo.** Vitória: SEAG/EMATER-ES, 1994.
- EMCAPA. **Carta agroclimática do Espírito Santo.** Vitória: Secretaria da Agricultura, 1988.
- EMCAPA. **Carta de levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo.** Vitória: Secretaria de Agricultura, 1971.
- FEITOSA, L. R., SCARDUA, J. A. **Estimativas das temperaturas médias mensais e anual do Estado do Espírito Santo.** Santa Maria: Centro de Cien. Rur., v.9, n.3, p.279-291, 1979.
- FELGUEIRAS, C. A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores.** São José dos Campos: INPE, 1987. 243p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987.
- FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1997. 158p.
- GRANER, E. A., GODOY JR., C. **Manual do cafeicultor.** São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, 1967.
- HAARER, A. E. **Modern coffee production.** London: Leonard Hill. 1962. 495p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: Manual de recomendações.** Rio de Janeiro. 2.ed., 1977. 312p. (Ministério da Indústria e comércio).
- KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J. A., coord. **Nutrição e adubação do cafeeiro.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, p.27-54, 1981.
- MARBLE, D. F., PEUQUET, D. J. **Geographics information system and remote sensing: manual of remote sensing.** 2.ed. Falls Church: American Society of Photogrametry, p.923-958, 1983.
- MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo.** São Paulo: Globo, 1991. 320p. (Coleção do agricultor. Grãos) (Publicações Globo Rural).
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981. 440p.

- PARKER, H. D. What is a geographic information system? In: COLLEGE of forestry and natural resources. Colorado: Colorado State University, 1986. 7p.
- QUIMBRASIL. **Café do plantio à colheita**. [S.l.]: Departamento técnico-agrícola. 1980 (Divisão de fertilizantes)
- RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. 447p.
- REZENDE, M., CURI, N. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Lavras, MG: POTAFOS, 1988. 83p.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A. L. T., FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. [S.l.]: Arbore: Agrícola e comércio LTDA. 1996. 146p. (Divisão Stoller do Brasil).
- SEAG-ES. **Mapa planialtimétrico do Estado do Espírito Santo**. In: COPLAN, CVRD, ITC, coord. Vitória: Divisão Cartográfica do Projeto RADAMBRASIL, 1991.
- THORNTHWAITE, C. W., MATTER, J. R. **The water balance**. Centerton, New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.10, n.3).
- TOMAZIELLO, R. A., OLIVEIRA, E. G., TOLEDO FILHO, J. A. **Cultura do café**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 3.ed., 1997. 75p. (Boletim Técnico, 193).
- VIEIRA, C. **Curso prático de cafeicultura**. Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (Escola Superior de Agricultura), 1957.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Principais diferenças entre Latossolos e Podzólicos

	Latossolos	Solos Podzolizados
Relevo predominante	Suavemente ondulado a ondulado	Ondulado a fortemente ondulado
Erosão	Necessita de menores cuidados conservacionistas	Necessita de maior empenho na conservação do solo
Profundidade dos solos	Profundos	Moderadamente profundos
Drenagem interna	Boa a excessiva	Boa a moderada
Diferenciação textural entre horizontes A e B	Sem nítida diferenciação textural	Nítida diferença entre os horizontes A e B
Estrutura	Subangular fina em todo o perfil de solo	Mais grossa no horizonte B e estrutura bem definida deste
Cor	Coloração pouco diferenciada em todo o perfil	Coloração bem diferenciada em todo o perfil
Porosidade	Boa em todo o perfil	O horizonte B tem menor porosidade que o horizonte A
Teor de óxidos de ferro e de alumínio	Maior teor de ferro, por isso mais avermelhados	Menor teor, por isso tons mais amarelados
Disponibilidade de nutrientes	A absoluta maioria (em área) é distrófica, isto é, são pobres em bases (K, Ca, Mg)	A grande maioria é eutrófica ou de riqueza média a boa em bases trocáveis

Fonte (com modificações): INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (1977).

APÊNDICE B

Quadro 1B – Aptidão hídrica para o café arábica e conilon, considerando indicações da necessidade ou não de irrigação

Déficit hídrico (mm)	Aptidão hídrica (mm)	Observações
Para café arábica		
< 100	Apto sem irrigação	—
100 a 150	Apto com irrigação ocasional	Anos com DH superior a 150 mm prejudicam o cafeeiro
150 a 200	Apto com irrigação suplementar ou complementar	Ocorre DH altamente prejudicial ao cafeeiro
> 200	Apto com irrigação obrigatória	Em todos os anos, o DH é limitante ao cafeeiro
Para café conilon		
< 150	Apto sem irrigação	—
150 a 200	Apto com irrigação ocasional	Anos com DH superior a 200 mm prejudiciais ao cafeeiro
200 a 400	Apto com irrigação suplementar ou complementar	Ocorre DH altamente prejudicial ao cafeeiro
> 400	Apto com irrigação obrigatória	Em todos os anos, o DH é limitante ao cafeeiro

DH: déficit hídrico.