



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Meteorologia

Estudo da aptidão térmica da cidade de Gonçalves - MG para diferentes culturas frente aos cenários climáticos: atual e futuro projetados pelo IPCC

FERNANDA CRISTINA OLIVEIRA TAYT-SOHN

Orientadora: Profa. Dsc. Célia Maria Paiva

Monografia submetida ao corpo docente do Departamento de Meteorologia da UFRJ como requisito necessário à obtenção de grau de Bacharel em Meteorologia.

Rio de Janeiro, RJ

Março, 2012

Estudo da aptidão térmica da cidade de Gonçalves - MG para diferentes culturas frente aos cenários climáticos: atual e futuro projetados pelo IPCC

Fernanda Cristina Oliveira Tayt-Sohn

Monografia submetida ao corpo docente do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Aprovada por:

Profa. Dsc. Célia Maria Paiva - Orientadora
Departamento de Meteorologia – IGEO - UFRJ

Profa. Dsc. Ana Bueno Nunes
Departamento de Meteorologia – IGEO - UFRJ

Profa. Dsc. Mônica Carneiro Alves Senna
Departamento de Análise Geoambiental - UFF

Rio de Janeiro, RJ.

Março, 2012.

Ficha Catalográfica:

Guia da, Fernanda Cristina Oliveira Tayt-Sohn.

Estudo da aptidão térmica da cidade de Gonçalves - MG para diferentes culturas frente aos cenários climáticos: atual e futuro projetados pelo IPCC

Rio de Janeiro, 2012.

66p. Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dissertação para obtenção do título de Bacharel em Meteorologia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sempre me indicado o caminho, me dado forças, persistência, coragem, para continuar lutando e tendo perseverança com os meus objetivos.

A minha mãe que sempre esteve do meu lado me dando conselhos, me ajudando, me orientando, fazendo com que a minha faculdade se tornasse muito mais leve do que realmente é.

Também gostaria de fazer um agradecimento a todos os professores do departamento de meteorologia da UFRJ, pois contribuíram não só para minha formação profissional, mas também para minha formação pessoal.

Faço um agradecimento especial, a minha professora e orientadora Célia, pois sem ela não teria rumado para esta área, e também pela atenção que me deu em todo o tempo em que foi minha orientadora.

A todos vocês,

Muito obrigada!

Índice

Lista de figuras.....	vii
Lista de tabelas.....	viii
Lista de quadros.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1.1 Introdução.....	1
1.2 Identificação do problema.....	3
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Escopo do trabalho.....	6
2 Revisão bibliográfica.....	7
2.1 Fatores que influenciam a produtividade das culturas.....	7
2.1.1 Temperatura do ar e plantas cultivadas.....	10
2.2 Mudanças climáticas e seus indícios.....	12
2.2.1 Cenários de mudanças climáticas.....	15
2.2.2 Impactos das mudanças climáticas na agricultura brasileira.....	20
2.3 Importância nutricional das culturas.....	25
2.3.1 A cultura da abóbora.....	25
2.3.2 A cultura da alface.....	25
2.3.3 A cultura da batata.....	25
2.3.4 A cultura da beterraba.....	26
2.3.5 A cultura da berinjela.....	26
2.3.6 A cultura da cenoura.....	26
2.3.7 A cultura da couve - flôr.....	27
2.3.8 A cultura da couve brócolos	27
2.3.9 A cultura da ervilha.....	27
2.3.10 A cultura do feijão.....	28
2.3.11 A cultura do pimentão.....	28
2.3.12 A cultura do tomate.....	29
2.3.13 A cultura do trigo	29
3 Materiais e métodos	30
3.1 Região de estudo.....	30

3.2 Dados.....	30
3.3 Avaliação da aptidão térmica da cidade de Gonçalves para diferentes culturas.....	34
3.4 Avaliação dos impactos dos cenários de mudanças climáticas na aptidão agroclimática da cidade de Gonçalves.....	35
4 Resultados e discussão.....	36
4.1 Aptidão térmica da cidade de Gonçalves	36
4.2 Aptidão térmica do município de Gonçalves para os cenários B2 e A2.....	37
4.2.1 Cenário 3: viés quente do cenário B2.....	37
4.2.2 Cenário 2: média do cenário B2.....	39
4.2.3 Cenário 1: viés frio do cenário B2.....	41
4.2.4 Cenário 3: viés quente do cenário A2.....	43
4.2.5 Cenário 2: média do cenário A2.....	44
4.2.6 Cenário 1: viés frio do cenário A2.....	46
4.3 Impactos dos cenários de mudanças climáticas na aptidão térmica do município de Gonçalves (cenário B2 e A2).....	48
5 Conclusões e recomendações.....	50
6 Referências Bibliográficas.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Limites de tolerância de três espécies vegetais à temperatura.	11
Figura 2.2	Comparação das mudanças observadas de escalas continental e global, na temperatura da superfície com resultados simulados por modelos climáticos, usando-se forçamentos naturais e antrópicos.	14
Figura 2.3	Emissões globais de gases de efeito estufa para o ano 2000 e emissões projetadas de linha de base para 2030 e 2100 do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) do IPCC e na literatura pós-RECE. A figura apresenta as emissões dos seis cenários ilustrativos do RECE. Também fornece a distribuição da frequência das emissões nos cenários pós-RECE (5o, 25o, médio, 75o, 95o percentis). Os gases F cobrem os HFCs, PFCs e SF6.	17
Figura 2.4	Estimativa do forçamento radiativo antrópico até 2100, derivado dos cenários ilustrativos SRES (Fonte: IPCC 2000).	18
Figura 2.5	Exemplos de cenários de zoneamento de risco climático futuro para plantio da soja de 1º a 10 de outubro, em solo de textura média, aumento de 15% na precipitação e de 1°C (figura lado esquerdo), de 3°C (figura lado direito) e de 5,8°C (figura central) na temperatura. São apresentadas três classes de índice de satisfação das necessidades de água. 0 a 0,55, de 0,56 a 0,65 e de 0,66 a 1, definidas como inapta (em vermelho), apta com restrições (em amarelo) e apta (em verde), respectivamente.	22
Figura 2.6	Zoneamento atual do café para o Estado de Minas Gerais (A); Zoneamento considerando aumento de 1°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (B); Zoneamento considerando aumento de 3°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (C); Zoneamento considerando aumento de 5,8°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (D). (Fonte: ASSAD).	24
Figura 2.7	Localização da cidade de Gonçalves- MG e de Poços de Caldas- MG (Fonte: Google Earth, 2012).	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Projeção do aquecimento médio global da superfície e da elevação do nível do mar no final do século XXI, (IPCC,2007).	20
Tabela 3.1	Temperaturas médias mensais, em graus Celsius, da estação Ecologia Agrícola do INMET.	31
Tabela 3.2	Exigências térmicas e ciclo vegetativo das culturas selecionadas.	32
Tabela 3.3	Aumento sazonal da temperatura do ar prognosticado pelos cinco modelos climáticos do IPCC para os cenários B2 e A2 de emissões de gases do efeito estufa.	32
Tabela 3.4	Cenários de aumento sazonal da temperatura do ar gerados a partir dos prognósticos dos cinco modelos climáticos do IPCC, considerando seus vieses, para os cenários B2 e A2 de emissões de gases do efeito estufa.	33
Tabela 3.5	Os valores de temperatura do ar gerados para os cenários 1, 2 e 3, o cenário B2 de emissões de gases do efeito estufa.	33
Tabela 3.6	Os valores de temperatura do ar gerados para os cenários 1, 2 e 3, o cenário A2 de emissões de gases do efeito estufa.	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1	Calendário agrícola para as condições climáticas atuais da cidade de Gonçalves	37
Quadro 4.2	Calendário agrícola para o viés quente do cenário B2.	39
Quadro 4.3	Calendário agrícola para o viés médio do cenário B2.	41
Quadro 4.4	Calendário agrícola para o viés frio do cenário B2.	42
Quadro 4.5	Calendário agrícola para o viés quente do cenário A2.	44
Quadro 4.6	Calendário agrícola para o viés médio do cenário A2.	46
Quadro 4.7	Calendário agrícola para o viés frio do cenário A2.	47
Quadro 4.8	Impacto dos possíveis cenários na aptidão térmica normal	49

RESUMO

O clima influencia o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, além disso, afeta também a relação das plantas com microorganismos, insetos, e outros animais, favorecendo ou não a ocorrência de pragas e doenças, o que demanda as medidas de controle adequadas. Dada a grande importância do clima para a produção agrícola, o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para que a agricultura se torne uma atividade economicamente viável. Este estudo é parte integrante do projeto de pesquisa e desenvolvimento vinculado ao “Sistema de Informação Agrometeorológica (SIAG)”, produto desenvolvido pela empresa Squitter Equipamentos Profissionais do Brasil LTDA com financiamento parcial do programa de subvenção econômica da FINEP, para atender aos produtores familiares da agricultura orgânica residentes no município de Gonçalves, Estado de Minas Gerais. Este trabalho teve como objetivo identificar a aptidão agroclimática desta cidade para diferentes culturas (abóbora, alface, batata, berinjela, beterraba, cenoura, couve-flor, couve-brócolos, ervilha, feijão seco e verde, pimentão, tomate, trigo de primavera e trigo de inverno), bem como, avaliar os possíveis impactos dos cenários de mudanças climáticas, referentes ao aumento da temperatura média do ar em superfície. Para tanto, dados de temperatura média do ar obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia referente ao período de 1999 a 2008 foram confrontados com as exigências térmicas das culturas estudadas. Em seguida, cada mês do ano foi classificado como termicamente apto ou inapto a essas culturas, levando em consideração seu ciclo fenológico. Adicionalmente, foram utilizados cenários de mudanças climáticas publicados no quarto relatório elaborado pelo Grupo de Trabalho I do IPCC. Para cada cenário, cada mês do ano foi novamente classificado como termicamente apto ou inapto às culturas estudadas. Observou-se através deste estudo que os impactos seriam negativos em termos de diversificação dos cultivos, tendo em vista que para a maioria das culturas a aptidão térmica do município de Gonçalves diminuiria.

ABSTRACT

The climate influences in the growing, development and productivity of the culture, besides it also affect the plants relationship with microorganism, insects and other animals, foment the occurrence of pests, diseases, what demand appropriated control measures. Knowing the big importance of climate for the agricultural productivity, the use of meteorological and climate information are fundamental to that the agriculture becomes an activity economically viable. This study is part of project research and development linked to the "Agrometeorological Information System (SIAG)", a product developed by Squitter Professional Equipment LTDA in Brazil with partial funding of the program of economic support from FINEP, to serve the producers of organics' agriculture that are natives from Gonçalves's city, Minas Gerais state. This monograph had as an objective the identification of the agroclimatic aptitude to this city to different cultures (abóbora, alface, batata, berinjela, beterraba, cenoura, couve-flor, couve-brócolos, ervilha, feijão (seco e verde), pimentão, tomate, trigo de primavera e trigo de inverno). As well as, evaluate the possible impacts of the climate changes scenarios, which are referred to the superficial air temperature increasing. For it, these datas of superficial air temperature were taken from Instituto Nacional de Meteorologia, in the period of 1999 until 2008. With it, the datas were confronted with the culture thermal requirements. And then, each month was classified by capable or incapable, considering the physiological cycle of each plant. Additionally, we used climate change scenarios published in the fourth report by Working Group I to the IPCC. For each scenario, each month was again classified as fit or unfit to thermally cultures studied. And what may have been observed through this study is that the impacts would be negative in terms of diversification of crops, keeping in mind that for most crops the ability of the municipality of Gonçalves thermal decrease.



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Meteorologia

Estudo da aptidão térmica da cidade de Gonçalves - MG para diferentes culturas frente aos cenários climáticos: atual e futuro projetados pelo IPCC

FERNANDA CRISTINA OLIVEIRA TAYT-SOHN

Orientadora: Profa. Dsc. Célia Maria Paiva

Monografia submetida ao corpo docente do Departamento de Meteorologia da UFRJ como requisito necessário à obtenção de grau de Bacharel em Meteorologia.

Rio de Janeiro, RJ

Março, 2012

CAPÍTULO 1

1.1. Introdução

A agricultura é um sistema tecnológico desenvolvido pelo homem com o objetivo de se obter alimento para garantir a sua subsistência. As plantas foram gradativamente sendo domesticadas até permitir que extensas áreas fossem cobertas com indivíduos com a mesma composição genética (PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002).

A *Food and Agriculture Organization*, (FAO), cita que o mundo atualmente produz alimentos suficientes para todos, mas muitas pessoas não têm acesso a ele devido a extrema pobreza em que se encontram. O mandato da FAO é elevar os níveis de nutrição, melhorar a produtividade agrícola, melhorar a vida das populações rurais e contribuir para o crescimento da economia mundial (FAO, 2012).

Como uma das soluções contra a fome, a produção de alimentos de forma compatível com o crescimento da população será sempre uma das grandes preocupações da humanidade e inclui obrigatoriamente o aumento da produção agrícola mundial. Segundo PRATES, SEDIYAMA e VIEIRA (1986) existem, basicamente, duas formas de obter o aumento da produção agrícola: ampliando-se a área cultivada ou intensificando-se o uso daquelas já cultivadas. Em ambas, as informações sobre as relações entre o clima e a cultura são de extrema importância para maximizar a eficiência do sistema de exploração agrícola adotado.

As condições climáticas indicam o tipo de atividade agrícola mais viável de um local, e as condições meteorológicas determinam o nível de produtividade para aquela atividade em um certo período, além de interferir na tomada de decisão com relação às diversas práticas agrícolas. Dentre as atividades econômicas a agricultura é sem dúvida aquela com maior dependência das condições do tempo e do clima (PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002).

A distribuição das espécies vegetais sobre a superfície terrestre depende dos elementos climáticos, principalmente temperatura e precipitação. Para um desenvolvimento racional da agricultura é necessário conhecer-se a aptidão agrícola de uma determinada região (ZOLNIER, 1994). Segundo PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS (2002), esse é um dos objetivos mais aplicados da Agrometeorologia, ou seja, a delimitação da vocação agrícola das terras.

O zoneamento agrícola, sendo uma informação especializada do potencial agrícola de uma região, deve ser constantemente atualizado, para um maior retorno dos investimentos dos produtores (SANTOS, 1999). Essa atualização torna-se ainda mais necessária para fins de planejamento e adaptação, devido aos possíveis impactos das mudanças climáticas na aptidão de áreas cultivadas (ASSAD et al., 2004).

De acordo com PINTO et al. (2011, item 3.3 do capítulo 3, tendo como coordenadores da publicação MARGULIS et al., 2011), em 1996, foi instituído oficialmente o programa de zoneamento de riscos climáticos no Brasil como parte das políticas públicas dos Ministérios da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário para orientação do crédito e do seguro agrícola no país, indicando o que plantar, onde plantar e quando plantar de acordo com a

disponibilidade climática local. Adicionalmente, com a projeção de um futuro com temperaturas entre 1,5°C e 5,8°C mais altas, e com 15% a mais de precipitação (IPCC, 2001), tornou-se necessário avaliar os riscos climáticos e datas de plantio para as culturas de maior interesse em cada região, tendo em vista que tais alterações podem produzir efeitos contrários em diferentes regiões e diferentes culturas. Com base no mencionado, os autores citados realizaram um estudo para avaliar possíveis cenários agrícolas do Brasil diante das perspectivas de aquecimento global. As projeções foram feitas com base na metodologia do zoneamento de riscos climáticos, adotado pelo Governo Federal, considerando os cenários de aquecimento global A2 e B2 do *Intergovernmental Panel on Climate Change*, (IPCC), que foram detalhados a nível municipal pelo INPE.

No contexto das mudanças climáticas, diversos trabalhos demonstram a importância da avaliação da vulnerabilidade da atividade agrícola em diferentes locais e para diferentes culturas (MARENGO, 2001; PINTO et al., 2002; SIQUEIRA, 2001). No entanto, os esforços tem se concentrado em regiões e em culturas de maior expressão econômica, o que penaliza municípios com pouca produtividade quando comparados ao cenário nacional, mas de importância vital para os pequenos agricultores familiares que dependem dessa atividade para seu sustento.

Este estudo é parte integrante do projeto de pesquisa e desenvolvimento vinculado ao “Sistema de Informação Agrometeorológica (SIAG)”, produto desenvolvido pela empresa Squitter Equipamentos Profissionais do Brasil LTDA com financiamento parcial do programa de subvenção econômica da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), para atender aos produtores familiares da agricultura orgânica residentes no município de Gonçalves, Estado de Minas Gerais. O SIAG tem como objetivo fornecer ao agricultor informações agrometeorológicas e ferramentas de comunicação digital para subsidiar a tomada de decisão e promover um aumento de produtividade e melhor utilização dos recursos naturais, humanos e tecnológicos.

Em Gonçalves a atividade agrícola praticada tem um papel importante, ocupando, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2007), a segunda posição nas atividades mais rentáveis para o município. Desta forma, a utilização de informações meteorológicas ajuda a melhorar a produtividade local e a rentabilidade da agricultura, auxiliando não somente aos agricultores, como também toda a população local.

1.2. Identificação do problema

As evidências de que ocorrerão mudanças climáticas globais (MCG), em função do aumento da concentração de gases de efeito estufa como o gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), além do próprio vapor d'água (H₂O), têm se apresentado cada vez mais consistentemente e sido aceitas pela comunidade científica internacional. Autores como ALLEY (2005) mostram, inclusive, que mudanças climáticas globais bruscas já ocorreram no passado e podem acontecer novamente, adiantando os cenários previstos para um futuro mais distante (PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

Essas mudanças afetam diretamente a agricultura e as áreas florestais brasileiras. NOBRE (2005) e NOBRE et al. (2004), apresentam resultados sobre o comportamento dos biomas brasileiros por meio da aplicação dos cenários do IPCC para 2091-2100 no Modelo de Vegetação Potencial do CPTEC-INPE, no qual se percebe, em maior ou menor grau, a desertificação do semi-árido nordestino e uma “savanização” da Amazônia, como se refere o autor. Embora a valoração dessas alterações seja impraticável, já se antevê uma perda significativa de biodiversidade pela dificuldade de adaptação desses biomas a mudanças climáticas da ordem de poucas décadas (MEDLYN e McMURTRIE, 2005).

Alguns estudos simulando os impactos, da mudança climática, sobre a agricultura por meio de modelos matemáticos foram apresentados por SIQUEIRA (2001) para o trigo, milho e soja, por ASSAD et al. (2004), MARENGO (2001) e PINTO et al. (2002) para o café, e por NOBRE et al. (2005) para o milho, feijão, arroz, soja e café. Estes autores apresentam ainda as perdas econômicas anuais provocadas pelo aumento de 1°C na temperatura, chegando a valores de 375 milhões de dólares para o café, somando os estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, e 61 milhões de dólares para o milho em São Paulo. Além desses, outros estudos contemplam efeitos sobre pragas, doenças, solos e outros aspectos do sistema produtivo agrícola.

Ao reconhecer que as mudanças climáticas são uma ameaça e que em grande parte foram causadas pelos países desenvolvidos, não se pode querer manter ou repetir seu modelo de crescimento. Há que se buscar um desenvolvimento equilibrado e sustentável em que já se vislumbre um ponto de estabilização, pois não se pode mais conceber que os recursos naturais sejam inesgotáveis ou ilimitados para manter a qualidade de vida de uma população humana que cresça indefinidamente (PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

Além de influenciar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, o clima afeta também a relação das plantas com microorganismos, insetos, fungos e bactérias, favorecendo ou não a ocorrência de pragas e doenças, o que demanda as medidas de controle adequadas. Muitas das práticas agrícolas de campo, como o preparo do solo, a semeadura, a

adubação, a irrigação, as pulverizações de pesticidas, a colheita, entre outras, também dependem de condições de tempo e de umidade no solo específicas para que possam ser realizadas de forma eficiente (PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002). Dada a grande importância do clima para a produção agrícola, o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para que a agricultura se torne uma atividade economicamente viável (SIVAKUMAR, GOMMES e BAIER, 2000).

Nesse sentido, uma das medidas adotadas é o planejamento agrícola. O mesmo, diz respeito às ações a serem realizadas antes do estabelecimento da cultura, ou seja, quando o empreendimento agrícola começa a ser programado. Em função disso, o planejamento se fundamenta basicamente nas informações do clima e de sua variabilidade interanual no local de interesse (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009).

Dentre as informações agrometeorológicas empregadas no planejamento agrícola, o zoneamento agroclimático é a mais conhecida (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009). O zoneamento agroclimático é a determinação da aptidão climática das regiões de um país, estado ou município. Assim, em cada região, define-se a aptidão de cada área para o cultivo de determinada espécie de interesse agrícola, levando-se em consideração as exigências agroclimáticas dos cultivos e as informações macroclimáticas. O macroclima ou clima regional é condicionado pelos fatores determinantes da macroescala ou escala geográfica, como latitude, altitude, continentalidade, massas de ar, entre outros. Visto que o macroclima não pode ser alterado pelo homem para se adequar às necessidades dos cultivos, essa informação deve ser a primeira considerada ao se planejar um empreendimento agrícola (PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002).

Com isto, é necessário ter a conscientização de que com o zoneamento agrícola, muitas culturas terão que ser realocadas, migrando para locais que sejam viáveis para sua sobrevivência e para uma boa produtividade.

Quanto às medidas de adaptação aos impactos das mudanças climáticas, podem ser propostos novos sistemas produtivos incluindo a introdução de novas culturas em regiões onde se tornem aptas, desenvolvimento de estratégias de conservação da água, mudanças microclimáticas e nas datas de plantio, adoção de métodos alternativos e novas tecnologias. Uma linha de pesquisa bastante importante nesse tema é o uso da biotecnologia e genômica, da bioinformática, do nanoseqüenciamento e da prospecção de genes, dispondo da biodiversidade natural para acelerar o desenvolvimento de novas variedades resistentes a temperaturas mais altas, a estresse hídrico e mesmo a excesso de água e alagamento. Políticas públicas devem estimular e apoiar essas mudanças adaptativas e favorecer a transferência de

tecnologias limpas e a obtenção de créditos de carbono (PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

Em Gonçalves, Minas Gerais, a atividade agrícola praticada tem um papel importante na economia desse município. Sua importância vai desde a produção de alimentos para consumo próprio até a produção para comercialização. Em todos os casos, essa atividade integra uma parte significativa e indispensável para a sobrevivência dessas famílias, que contam com os produtos resultantes dessa atividade para complementar sua alimentação, prover seu sustento e ainda gerar renda para este pequeno município.

Neste trabalho será analisada a aptidão agroclimática da região de interesse. O estudo da aptidão agroclimática pode revelar espécies de interesse econômico, ainda não exploradas, que sejam adequadas ao sistema de produção da agricultura familiar. Adicionalmente, diante do evento das mudanças climáticas, principalmente no que diz respeito aos seus impactos na agricultura em termos de temperatura e precipitação, torna-se imprescindível vislumbrar os possíveis cenários de aptidão térmica e hídrica da região para fins estratégicos de planejamento socioeconômico. Para se ter sucesso na exploração agrícola, devem prevalecer condições climáticas que permitam a planta, em seus diferentes estádios fenológicos, crescer e se desenvolver, principalmente, com relação às condições térmicas e hídricas (NETO et al., 1997). Entretanto, devido à grande incerteza das projeções de mudanças no regime pluviométrico dos cenários do IPCC, mencionados em seus relatórios, apenas a questão térmica será considerada na avaliação da aptidão agroclimática. Adicionalmente, tais projeções indicam um aumento na precipitação, o que não afetaria a prática da irrigação na região.

1.3.Objetivos

Tendo em vista a manutenção da agricultura orgânica junto aos produtores familiares do município de Gonçalves, Minas Gerais, este trabalho tem como principais objetivos:

- i) Definir um calendário agrícola (épocas de semeadura) com o intuito de estabelecer os períodos mais convenientes ao cultivo das principais culturas exploradas na região de estudo;
- ii) Avaliar os possíveis impactos dos cenários de mudanças climáticas na aptidão térmica do município de Gonçalves (com base no relatório do IPCC, 2007). Com isso, pretende-se avaliar a vulnerabilidade da atividade agrícola nessa região frente

aos cenários de mudanças climáticas, para fins de adaptabilidade e planejamento das atividades econômicas futuras.

1.4. Escopo do trabalho

Este documento está organizado em capítulos. O primeiro é constituído pela introdução, identificação do problema e objetivos. Neste capítulo são abordados os aspectos relacionados à importância e aos desafios inerentes ao tema, bem como os objetivos pretendidos. O capítulo 2 trata das bases teóricas necessárias para o entendimento do tema e da solução proposta pela metodologia deste estudo. Em seguida, no terceiro capítulo, descreve-se a região de estudo, os dados utilizados e os critérios da metodologia utilizada para a geração de resultados. Nos capítulos 4 e 5 são analisados e discutidos os resultados e relatadas conclusões e recomendações deste estudo, respectivamente.

CAPÍTULO 2

2. Revisão bibliográfica

2.1. Fatores que influenciam a produtividade das culturas

A habilidade de uma espécie em ocupar um *habitat* particular é o resultado de adaptações ao longo do tempo, o que permite que a planta lide com certos níveis de disponibilidade de umidade, temperatura, luz, vento e outras condições. Para cada um desses fatores existe um nível mínimo e máximo de tolerância, além dos quais a espécie não está adaptada e sofre prejuízos em seu crescimento e desenvolvimento, e um ótimo no qual a espécie tem um desempenho máximo nesses dois aspectos. Esses níveis são o resultado de como um determinado fator afeta cada um dos processos fisiológicos da planta (GLIESSMAN, 2001).

De um modo geral, as principais variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas são a radiação solar, temperatura do ar, chuva, fotoperíodo, umidade do ar e velocidade do vento (HOOGENBOOM, 2000; PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002; MAVI E TUPPER, 2004, citados por SENTELHAS e MONTEIRO, 2009), a saber:

- A radiação solar provê a energia para os processos associados à fotossíntese, afetando assim a produção de biomassa das plantas. A fotossíntese responde também à temperatura do ar, a qual afeta a taxa das reações metabólicas das plantas, regulando o crescimento e o desenvolvimento vegetal.
- As chuvas afetam a disponibilidade hídrica dos solos, que por sua vez influencia a absorção de água pelas raízes e a condição hídrica das culturas. Em períodos de pouca chuva, a seca induz as plantas a fecharem seus estômatos afetando negativamente a fotossíntese e a transpiração, que são processos relacionados à nutrição da planta. Por outro lado, períodos com chuvas excessivas levam à redução da oxigenação dos solos, reduzindo a atividade radicular, ou seja, a absorção de água e nutrientes. Tanto as secas quanto o encharcamento dos solos levam à redução da produtividade das culturas.
- O fotoperíodo interfere tanto no crescimento como no desenvolvimento das culturas. No contexto do crescimento, o fotoperíodo corresponde ao tempo em que as plantas realizam

o processo da fotossíntese. Assim, nas latitudes maiores onde o fotoperíodo é mais longo durante a estação de cultivo, as produtividades são maiores, já que a fotossíntese ocorre por mais tempo.

- A umidade do ar afeta o poder evaporante do ar, condicionando a transpiração. Ambientes muito secos levam a um aumento excessivo na transpiração da maioria das plantas. Seu efeito sobre a interação entre as plantas e microorganismos também é muito importante, especialmente com fungos e bactérias, causadores de doenças. Em condições de alta umidade há o favorecimento da ocorrência de doenças que afetam o desempenho das culturas, reduzindo a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas (SENTELHAS, 2004, citado por SENTELHAS e MONTEIRO, 2009).
- A velocidade do vento é outra variável que afeta as culturas. De acordo com PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS (2002), em velocidades baixas a moderadas, o vento contribui para a renovação do suprimento de CO₂ e para a manutenção da transpiração das plantas. No entanto, em velocidades excessivas, o vento é responsável pelo aumento demasiado da transpiração das plantas, levando ao fechamento dos estômatos, à redução do número de folhas e da área foliar, resultando em queda brusca da fotossíntese. Além disso, ventos intensos provocam danos mecânicos nas plantas, como acamamento, queda de folhas e quebra de galhos e troncos.

Portanto, a agricultura é uma atividade econômica altamente dependente das condições do tempo e do clima, que afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo (SENTELHAS e MONTEIRO, capítulo 1, organizador MONTEIRO, 2009).

Segundo PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS (2002), praticamente todas as atividades agrícolas de campo dependem das condições meteorológicas, e se beneficiam das informações agrometeorológicas para sua realização com êxito, como segue:

- Manejo do solo: Práticas de manejo do solo, como aração e gradeação, exigem um nível crítico de umidade no solo para que possam ser realizadas de maneira eficiente, sem causar danos irreversíveis ao solo, tornando-o suscetível à erosão (no caso de pouca umidade) ou à compactação (no caso de excesso de umidade). Por meio do balanço hídrico climatológico, é possível o aconselhamento para tais atividades.

- Semeadura: A semeadura de cultivos anuais depende de água disponível no solo, sem a qual a germinação das sementes pode ser prejudicada. O uso do balanço hídrico climatológico que permite quantificar o nível do armazenamento de água no solo e a previsão de ocorrência ou não de chuvas nos próximos dias, determinam se o período é ou não adequado à semeadura.
- Irrigação: A irrigação é imprescindível em áreas onde o clima árido limita a produção de alimentos devido à escassez de chuva em relação à demanda hídrica, e onde a sazonalidade das chuvas impossibilita a agricultura em certas épocas do ano. Desse modo, a quantidade de água suplementar a ser aplicada, e o momento adequado para sua aplicação é fundamental para que o rendimento seja maximizado. Técnicas que permitem a quantificação de demanda hídrica da cultura e da água disponível no solo. Essas informações auxiliam na tomada de decisão de quando e quanto irrigar. A previsão do tempo é também de grande importância, podendo evitar irrigação próximo a períodos de chuva.
- Fitossanidade: Pragas e doenças somente se proliferam sob condições ambientais que lhes sejam favoráveis. Caso tais condições não sejam satisfeitas, o controle por defensivos torna-se desnecessário, implicando em redução no custo de produção e melhora na qualidade dos produtos. Quando o controle artificial se torna necessário, especialmente via pulverização com produtos químicos, este somente deverá ser realizado após a consulta à previsão do tempo, pois a chuva após pulverização provocará lavagem do produto aplicado, implicando em baixa eficiência do controle e contaminação do solo e mananciais de água.
- Colheita: A colheita da maioria dos produtos agrícolas é influenciada pelas condições de tempo, pois dele depende a umidade do produto a ser colhido, especialmente no caso de grãos colhidos mecanicamente. As condições do tempo e hídricas do solo também afetam a trafegabilidade das máquinas no campo, podendo causar compactação do solo em caso dessa atividade ser realizada sob condições de excedente hídrico. Com o balanço hídrico e a previsão do tempo é possível determinar se as condições são adequadas à realização eficiente e segura dessa atividade.
- Previsão de Rendimento: O rendimento dos cultivos agrícolas é fortemente influenciado pelas condições adversas de tempo, especialmente com relação às condições

hídricas do solo e de temperatura. Modelos agrometeorológicos permitem a quantificação da redução na produtividade em função das condições ambientais a que a cultura foi submetida durante o seu ciclo. Isso subsidia previsões do rendimento.

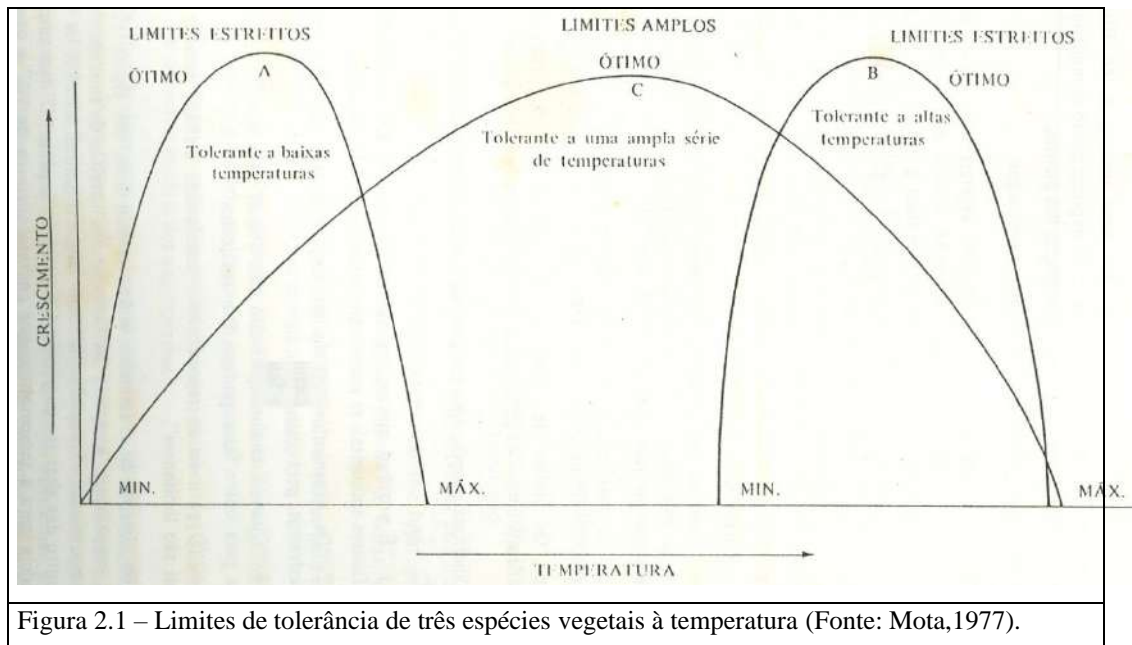
- **Risco de incêndios:** Por meio de técnicas simples que utilizam dados meteorológicos, é possível monitorar o grau de inflamabilidade de matas e florestas, ou seja, o risco de ocorrer incêndio. Com isso, pode-se evitar atividades problemáticas, como o uso de queimadas, ou se realizar práticas para minimizar o alastramento do fogo, como os aceiros.

Em síntese, o ritmo da disponibilidade de energia e de água de uma certa região determina o seu potencial de produtividade agrícola. No entanto, em regiões tropicais, ou seja, sem restrição de luz solar, onde o suprimento hídrico para as culturas vem da prática da rega ou irrigação, o fator climático condicionante da produtividade é a temperatura do ar (PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS 2002).

2.1.1. Temperatura do ar e plantas cultivadas

A duração das fases e do ciclo de desenvolvimento dos vegetais é condicionada pela temperatura, e pelo tempo que ela permanece dentro de limites específicos. Um índice bioclimático que tem sido usado para estudar essa relação é denominado de graus-dia, ou seja, quantos graus de temperatura ocorreram durante um dia e que efetivamente contribuíram de maneira positiva para o metabolismo do organismo considerado (PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002).

A temperatura é também, responsável, pela distribuição das plantas sobre a Terra. Independente de quão favorável possam ser as condições de luz, o crescimento da planta pára quando a temperatura cai abaixo de um certo valor mínimo ou excede um certo valor máximo. Entre esses limites, existe um ótimo de temperatura no qual o crescimento se dá com maior rapidez. Esses três valores são conhecidos como temperaturas cardeais (Figura 2.1), (MOTA, 1977).



A temperatura também afeta uma série de outros processos nas plantas, como a respiração de manutenção, a transpiração, a fotossíntese, o repouso vegetativo, a duração das fases fenológicas das culturas, a indução ao florescimento, o conteúdo de óleo em grãos, a taxa de germinação de sementes (MAVI e TUPPER, 2004; PEREIRA, ANGELLOCCI e SENTELHAS, 2002). Isso faz com que a temperatura seja a principal variável meteorológica a ser considerada nos zoneamentos agroclimáticos, juntamente com a chuva (CAMARGO et al., 1974, 1977).

A temperatura possui uma relação das mais complexas com o desenvolvimento das plantas, uma vez que se observa um diferente ótimo para diferentes processos. Em termos de produtividade, pode-se dizer que os principais processos fisiológicos regulados pela temperatura são a respiração e a translocação de nutrientes. A taxa de respiração cresce com a temperatura. A perda média por respiração é de aproximadamente 25% da taxa fotossintética nas regiões temperadas e de 35% nos trópicos, o que pode ser atribuído, em grande parte, às altas temperaturas noturnas (PRATES, SEDIYAMA e VIEIRA, 1986).

Em termos gerais, talvez, o mais importante efeito das temperaturas elevadas encontra-se na redução da duração da fase compreendida entre o início do enchimento de grãos até a maturação da maioria das culturas produtoras de grãos, resultando em uma queda na produção (PRATES, SEDIYAMA e VIEIRA, 1986).

Uma espécie vegetal pode estar submetida às condições adequadas ou não de temperatura. O estresse por temperatura pode ocorrer por excesso ou déficit de calor, dependendo se a temperatura ambiente está acima ou abaixo dos limites toleráveis pela espécie em questão. A resposta da planta ao estresse por excesso ou por déficit de calor ocorre

de forma diferenciada. O estresse por calor provoca um declínio na atividade metabólica da planta, aumenta a taxa de respiração, que posteriormente pode ultrapassar a taxa de fotossíntese, detendo o crescimento da planta, e em última análise, matando seu tecido. Quando ocorre o inverso, ou seja, as temperaturas caem abaixo do mínimo requerido, a planta pode entrar em dormência e sua atividade metabólica pode continuar vagarosamente, ou é possível também que ocorra a morte do tecido (GLIESSMAN, 2001).

Segundo GLIESSMAN (2001), adaptações morfológicas comuns das plantas ao excesso de calor incluem:

- mudança na estrutura da folha, que influi em um ponto de compensação alto de CO₂ para a relação fotossíntese/respiração;
- folhas que refletem mais luz, para absorver menos energia;
- pêlos, para isolar o tecido, folhas menores para diminuir a área de incidência solar;
- folhas com relação superfície/volume menor para ganhar menos calor;
- raízes mais extensas para absorver mais água.

Quanto às adaptações das plantas ao frio extremo, algumas proporcionam resistência, tais como cobertura de cera, ou a presença de células menores na folha, que impedem o congelamento do tecido interior. Uma resistência ao frio também pode ser induzida em algumas plantas por exposição, de curto prazo, à temperaturas a alguns graus acima do congelamento, isso lhes dá resistência limitada (GLIESSMAN, 2001).

2.2.Mudanças climáticas e seus indícios

A variabilidade natural é uma característica do clima global e ocorre tanto em uma escala longa como em uma escala curta de tempo. Muitos climatologistas acreditam que tanto o termo longo quanto o termo curto de flutuações climáticas não são fenômenos raros e sim eventos organizados que são controlados por forças e fontes de energia, ambos associados com a Terra, ou até mesmo associados com planetas do sistema solar (MAVI e TUPPER, 2004).

Sobrepostas a esta variação natural estão as mudanças induzidas pelas atividades humanas. A emissão de gases do efeito estufa na atmosfera em anos recentes é tida como uma das causas das mudanças dos padrões climáticos. O aumento na temperatura na superfície terrestre e uma significativa variabilidade interanual do clima foram observados em muitas regiões do globo durante a última metade do século XX (MAVI e TUPPER, 2004).

A mudança climática é um movimento no sistema climático, que é causado por mudanças internas dentro deste sistema climático ou pela interação com suas componentes de variabilidade natural, ou por causa de forçantes externas, que são tanto de atividades naturais como de atividades antropogênicas (IPCC, 1996).

Observações meteorológicas da variável temperatura, de muitos países da América do Sul, mostram que houve um aumento na temperatura nos anos 80 e 90, se comparados com o período de 1900 a 1940. Tendências crescentes foram encontradas em várias séries temporais de temperatura média e mínima, como por exemplo, na Colômbia, na região Amazônica e nas regiões subtropicais (QUINTANA-GOMEZ, 1999).

Com a manutenção do padrão atual da taxa de emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, que na sua maior parte é resultante das ações antrópicas, há uma altíssima probabilidade de que haverá mudanças climáticas globais de grande magnitude ocorrendo nos próximos 100 anos. Para o Brasil, as mais significativas serão, o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais etc. Evidências científicas recentes apontam para uma intensificação da variabilidade climática associada aos eventos de El Niño/La Niña em função do aumento do efeito estufa. O previsto aumento do nível médio do mar poderá trazer conseqüências para os ecossistemas e populações humanas nas áreas costeiras e nas áreas ribeirinhas que sofrem a influência das marés (NOBRE, 2001).

No Brasil, de acordo com análises observacionais de temperatura, ocorreu um leve aumento desta variável durante o século passado (Fig. 2.2), compatíveis com o aquecimento global experimentado pelo planeta. Em relação às precipitações pluviométricas, não há indicação clara de mudança e o que se observa é variabilidade climática nas escalas interanual e interdecadal. A variabilidade interanual está relacionada a variações nas interações dos oceanos tropicais com a atmosfera, sendo o exemplo mais conhecido o fenômeno de aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) das águas do Oceano Pacífico Equatorial (NOBRE, 2001).

Para um dado cenário de emissões de gases do efeito estufa (GEE) do presente até, digamos, 2100, usualmente utilizam-se modelos climáticos globais para se estimar as mudanças climáticas globais que possam ocorrer, para aquela taxa de crescimento de emissão. Desta maneira, geram-se cenários de alterações climáticas mundiais consistentes com um dado cenário de emissões de GEE, em que o mesmo pode variar indo do otimista até o pessimista, de acordo com as possibilidades de crescimento das taxas de emissões de gases do

efeito estufa, levando em considerações todo o fator socioeconômico. Vários centros meteorológicos avançados, que dispõem de modelos climáticos complexos, rotineiramente realizam este tipo de simulação (NOBRE, 2001).

Mudança na Temperatura Global e Continental

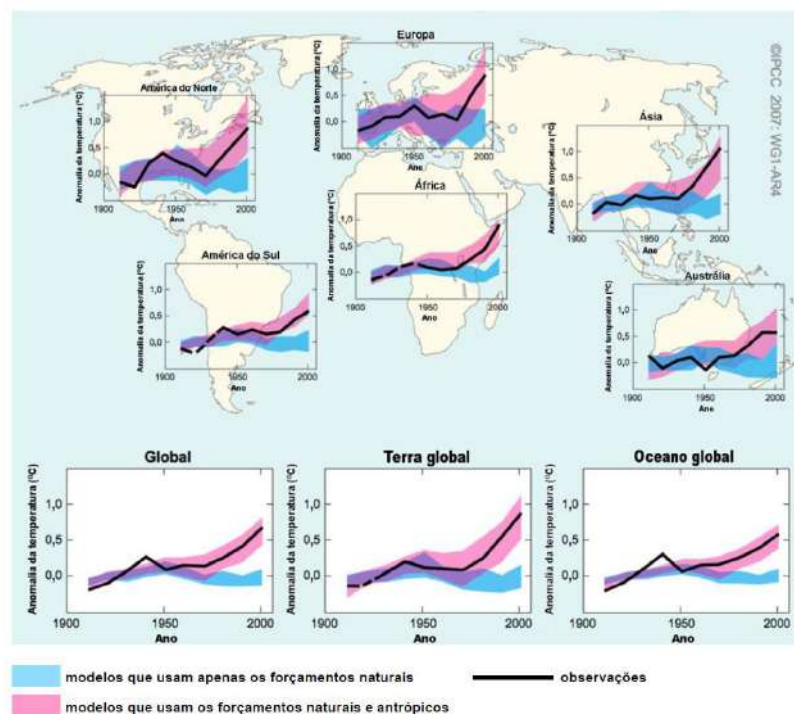


Figura 2.2. Comparação das mudanças observadas em escalas continental e global, na temperatura da superfície com resultados simulados por modelos climáticos, usando-se forçamentos naturais e antropicos. As médias decenais das observações são apresentadas para o período de 1906 a 2005 (linha preta) plotadas sobre o centro da década e relativas à média correspondente para 1901-1950. As linhas são tracejadas quando a cobertura espacial é inferior a 50%. As zonas azuis indicam a faixa de 5 a 95% para as 19 simulações dos cinco modelos climáticos com o uso apenas dos forçamentos naturais devidos à atividade solar e aos vulcões. As zonas rosas mostram a faixa de 5 a 95% para as 58 simulações dos 14 modelos climáticos com o uso dos forçamentos natural e antropico.

Fonte: IPCC, 2007.

Um dos estudos feito pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) concluiu os cenários de emissões, que foram utilizados em 11 simulações com modelos climáticos globais, durante o período de 1870 a 2100. Dessa forma, foi possível gerar cenários de alterações climáticas para várias regiões do planeta, incluindo cenários para o norte e para o sul da América do Sul (CARTER e HULME, 2000, apud MAVI e TUPPER, 2004).

Os modelos climáticos preveem que poderá ocorrer aquecimento até acima de 6°C em algumas regiões do globo até o final do século XXI, caso a taxa de crescimento das emissões se mantenha. É provável que a temperatura média global durante o século XXI aumente entre 2,0°C a 4,5°C, com uma melhor estimativa de cerca de 3,0°C, e é pouco provável que seja inferior a 1,5°C. Valores substancialmente maiores que 4,5°C não podem ser desconsiderados, porém não é algo consensual entre os modelos (IPCC, 2007). Conclui-se que, mesmo no cenário mais otimista (cenário B1), as projeções dos diversos modelos do IPCC indicam aumento da temperatura (NOBRE, SAMPAIO e SALAZAR, 2007).

2.2.1. Cenários de mudanças climáticas

As mudanças na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos do forçamento radiativo que é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima global. Desde a publicação do Terceiro Relatório de Alterações Climáticas (TRA), novas observações da atividade solar, propriedades da superfície terrestre e alguns aspectos dos aerossóis e a respectiva melhoria na modelagem dos gases de efeito estufa, promoveram melhorias nas estimativas quantitativas do forçamento radiativo (IPCC, 2007).

Uma das situações que fortaleceu a confiança nas projeções de curto prazo, foi a questão de que no primeiro relatório gerado pelo IPCC, em 1990, foram feitas projeções que diziam que para o período de 1990 a 2005 haveria um aumento de cerca de 0,15 °C a 0,3 °C por década. Com as observações deste período, foi possível avaliar, que o aumento estava na faixa estimada (0,2 °C), evidenciando que as simulações obtiveram bons resultados (IPCC, 2007).

De acordo com o IPCC (2007), um grande avanço, posterior, das projeções da mudança do clima em relação ao TRA é o grande número de simulações disponíveis feitas com uma gama maior de modelos. Juntamente com as informações adicionais obtidas de observações, elas fornecem uma base quantitativa para estimar as probabilidades de muitos aspectos da mudança do clima no futuro. As simulações dos modelos cobrem uma faixa de futuros possíveis, inclusive suposições idealizadas de emissão ou concentração de GEE. Entre elas estão os cenários de emissão - *Special Report Emission Scenario/SRES* – que representam uma visão possível das emissões futuras de gases de efeito estufa e aerossóis que

têm um efeito radiativo potencial (IPCC, 2001b; MARENGO, 2006). Esses cenários foram usados como base para as projeções climáticas, do Terceiro Relatório de Avaliação e do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2001b; IPCC, 2007), até o ano de 2100. Os SRES mostram diferentes cenários futuros de mudanças climáticas divididos em A1, A2, B1, B2, apresentando as seguintes características:

A1, o contexto e a família de cenários A1 descrevem um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, com a população global atingindo um pico em meados do século e declinando em seguida e a rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. As principais questões subjacentes são a convergência entre as regiões, a capacitação e o aumento das interações culturais e sociais, com uma redução substancial das diferenças regionais na renda *per capita*. A família de cenários A1 se desdobra em três grupos que descrevem direções alternativas da mudança tecnológica no sistema energético. Os três grupos A1 distinguem-se por sua ênfase tecnológica: intensiva no uso de combustíveis fósseis (A1FI), fontes energéticas não-fósseis (A1T) ou um equilíbrio entre todas as fontes (A1B) (em que o equilíbrio é definido como não se depender muito de uma determinada fonte de energia, supondo-se que taxas similares de aperfeiçoamento apliquem-se a todas as tecnologias de oferta de energia e uso final);

A2 (pessimista), o contexto e a família de cenários A2 descrevem um mundo muito heterogêneo. O tema subjacente é a auto-suficiência e a preservação das identidades locais. Os padrões de fertilidade entre as regiões convergem muito lentamente, o que acarreta um aumento crescente da população. O desenvolvimento econômico é orientado primeiramente para a região, sendo que o crescimento econômico *per capita* e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos do que nos outros contextos;

B1, o contexto e a família de cenários B1 descrevem um mundo convergente com a mesma população global, que atinge o pico em meados do século e declina em seguida, como no contexto A1, mas com uma mudança rápida nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informações, com reduções da intensidade material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes em relação ao uso dos recursos. A ênfase está nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, inclusive a melhoria da equidade, mas sem iniciativas adicionais relacionadas com o clima.

B2 (otimista), o contexto e família de cenários B2 descrevem um mundo em que a ênfase está nas soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo em que a população global aumenta continuamente, a uma taxa inferior à do A2, com níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e

mais diversa do que nos contextos B1 e A1. O cenário também está orientado para a proteção ambiental e a equidade social, mas seu foco são os níveis local e regional.

As características de cada cenário, em relação às concentrações de gases de efeito estufa (SO_2 , CO_2 , N_2O e CH_4) são ilustradas na Figura 2.3 e mostram as diferentes concentrações dos cenários SRES e suas variações no período de 1980 até 2100. Os cenários do grupo IS92, cenários de emissão de gases de efeito estufa usados no Segundo Relatório de Avaliação - *Second Assessment Report/SAR* – (IPCC, 1996), foram substituídos pelos cenários SRES publicado em 2001 (IPCC, 2001b; IPCC, 2007).

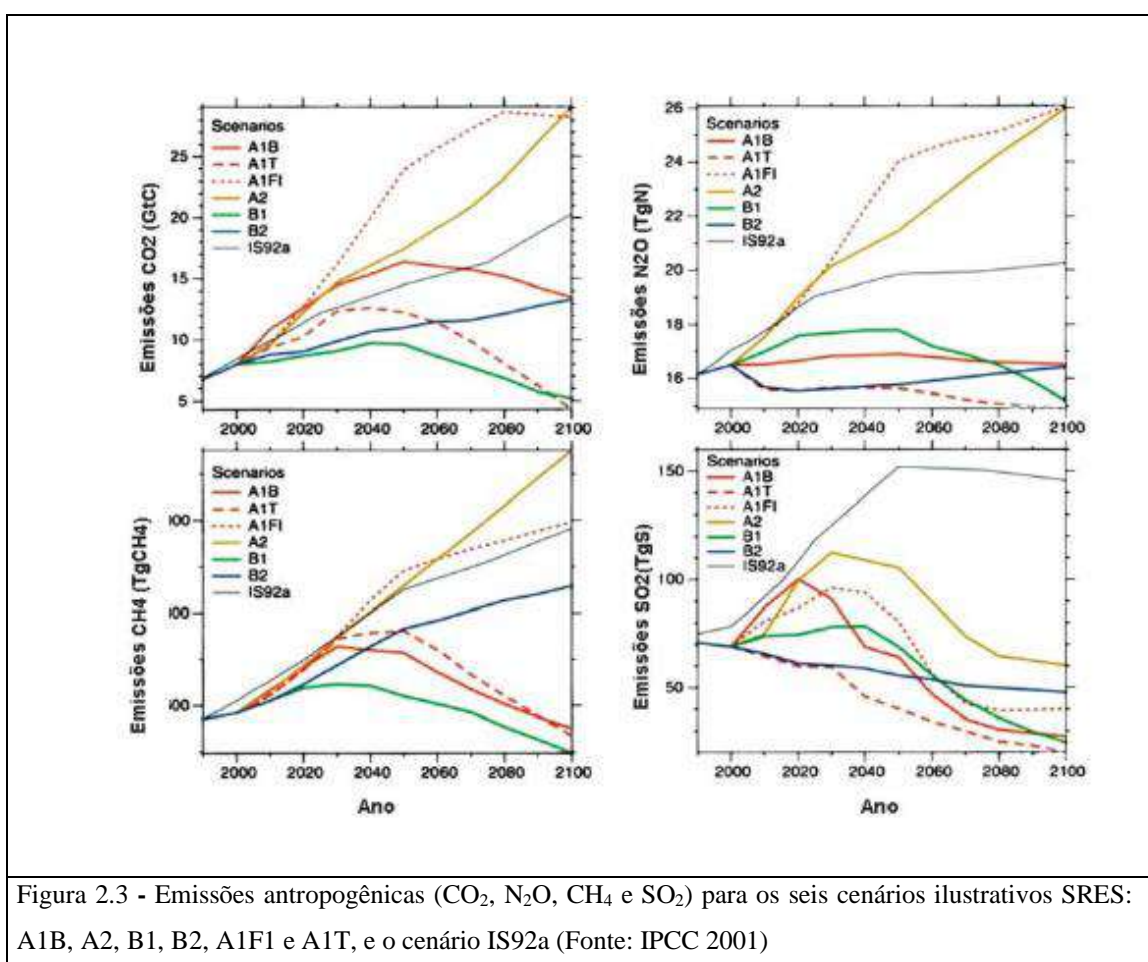


Figura 2.3 - Emissões antropogênicas (CO_2 , N_2O , CH_4 e SO_2) para os seis cenários ilustrativos SRES: A1B, A2, B1, B2, A1FI e A1T, e o cenário IS92a (Fonte: IPCC 2001)

A Figura 2.4 mostra as combinações de forçamentos térmicos devido às concentrações de diferentes gases de efeito estufa dos cenários SRES A e B e dos cenários IS92.

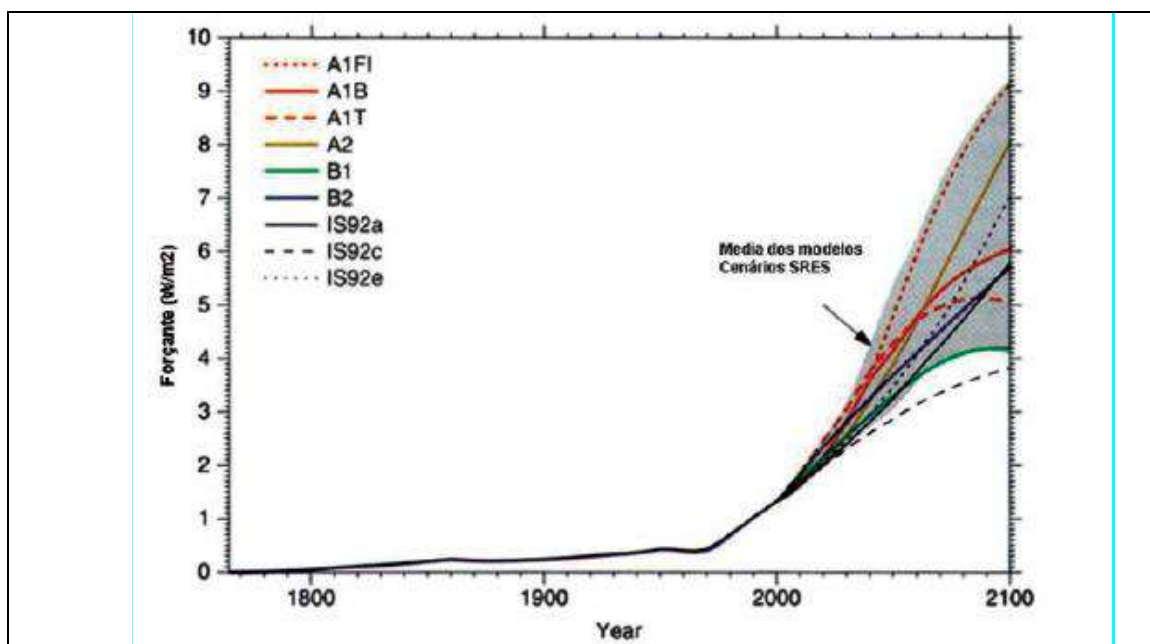


Figura 2.4 – Estimativa do forçamento radiativo antropico até 2100, derivado dos cenários ilustrativos SRES. A mancha cinza na figura mostra a região coberta pela média dos cenários SRES (Fonte: IPCC 2001).

Segundo MARENGO (2006), os modelos acoplados oceano-atmosfera, utilizados nas simulações do IPCC juntamente com as instituições onde eles foram rodados, são:

1. *Hadley Centre for Climate Prediction and Research*, da Inglaterra (HadCM3);
2. *Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*, da Austrália (CSIRO-Mk2);
3. *Canadian Center for Climate Modeling and Analysis*, do Canadá (CCCMA);
4. *National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA-Geophysical Fluids Dynamic Laboratory*, dos Estados Unidos (GFDL-CM2);
5. *Center for Climate Studies and Research CCSR/National Institute for Environmental Studies NIES*, do Japão (CCSR/NIES).

Esses modelos globais do IPCC apresentam incertezas visíveis nas simulações do clima para o tempo presente, especialmente na previsão sazonal. Tais simulações do clima presente permitem identificar regiões onde os modelos apresentam um bom índice de acerto (*skill*) ou erros sistemáticos, que devem ser levados em conta nas projeções de clima do

futuro. Uma comparação entre as climatologias anuais de precipitação e temperatura observadas e simuladas para o clima atual foi elaborada para cada um dos cinco modelos do IPCC, no mesmo período, para detecção de erros sistemáticos ou vieses dos modelos na América do Sul. É importante considerar estes vieses na avaliação de cenários futuros. O viés sazonal desses modelos na região Sudeste do Brasil apresenta valores entre $\pm 1^{\circ}\text{C}$, tanto para o cenário de alta emissão ou “pessimista” A2 quanto para o de baixa emissão ou “otimista” B2 (MARENGO, 2006).

De acordo com MARENGO (2006), existem fontes de incerteza na modelagem de previsões climáticas em nível global ou regional na atual geração de modelos usados pelo IPCC, a saber:

- Incerteza nas taxas de emissões futuras de gases de efeito estufa e aerossóis, atividades vulcânica e solar que afetam o forçamento radiativo do sistema climático;
- Incerteza na inclusão de efeitos diretos do aumento na concentração de CO_2 atmosférico nas plantas, e de como será o comportamento da flora no clima futuro;
- Incertezas na sensibilidade do clima global e nos padrões regionais das projeções do clima futuro simulado pelos modelos. Isto é devido às diferentes formas em que cada modelo representa os processos físicos e os mecanismos do sistema climático. Cada um deles simula um clima global e regional com algumas diferenças nas variáveis climáticas como temperatura do ar, chuva, nebulosidade e circulação atmosférica.
- Uma fonte adicional de incerteza é em relação à variabilidade natural do clima. Parte desta variabilidade é consequência de perturbações internas do sistema climático (não forçadas pelos gases de efeito estufa).

A Tabela 2.1 apresenta um resumo das projeções sazonais de acréscimo de temperatura de cada um dos cinco modelos climáticos do IPCC para a região Sudeste do Brasil referentes aos cenários extremos de alta emissão ou “pessimista” A2 e de baixa emissão ou “otimista” B2 (retirado dos mapas sazonais de projeções de anomalia de temperatura centrada no ano de 2020; MARENGO, 2006).

Segundo MARENGO (2006), há uma maior concordância entre os modelos quando se refere ao aumento de temperatura. Por outro lado, em relação à chuva, os modelos divergem em muitos resultados.

Tabela 2.1 – Projeções sazonais de acréscimo de temperatura, em graus Celsius, de cada modelo do IPCC para a região Sudeste do Brasil com escala de tempo centrada em 2020 (Fonte: MARENGO, 2006).

	Cenário B2				Cenário A2			
	Trimestres do ano				Trimestres do ano			
Modelos	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
CCCMA	1	1	1	1	1	1	1	1
CSIRO	1	1	1	1	1	1	1	1
GFDL	1	1	2	1	2	1	2	2
HadCM3	1	1	1	1	1	1	1	2
CCSR/NIES	2	1	1	2	2	1	1	2

2.2.2. Impactos das mudanças climáticas na agricultura brasileira

Observações de todos os continentes e da maior parte dos oceanos evidenciaram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados pelas mudanças climáticas regionais, principalmente pelos aumentos de temperatura (IPCC, 2007).

De acordo com o parágrafo anterior, segundo MARGULIS, DUBEUX e MARCOVITCH (2011), as mudanças climáticas além de afetarem os recursos naturais afetarão a economia e as sociedades do mundo todo em magnitude desconhecida atualmente. Caso desconheçam as medidas que deverão ser necessárias, os tomadores de decisão ficarão desprovidos de instrumentos para identificar, avaliar e implantar soluções para estas alterações no clima, podendo estas serem até mesmo graves e urgentes. Além disto, poderiam ser implantadas medidas de prevenção e adaptação mais eficientes em termos de custo benefício.

As mudanças climáticas aumentam potencialmente as perdas agrícolas quando alteram o ciclo hidrológico, tanto pela seca, quanto pelo excesso de chuva. Se a precipitação tiver um aumento de 15 % pode, por exemplo, causar grandes perdas na colheita do trigo ou até mesmo

inviabilizar a colheita da soja. A temperatura possui uma resposta de comportamento parecido, em que uma elevação de 1^o a 5^o C aumenta, substancialmente, a evapotranspiração, acelerando o consumo de água das plantas e a frequência dos veranicos, caracterizados por períodos secos dentro da estação chuvosa (MARGULIS, DUBEUX e MARCOVITCH, 2011).

Para que se possa combater ou se adaptar a estes impactos, em primeira análise o importante é buscar conhecê-los, definindo-se cenários agrícolas futuros a partir de cenários futuros das mudanças climáticas. Dessa forma houve muito esforço para se desenvolver modelos que pudessem analisar a probabilidade de sucesso de uma cultura com base nas séries históricas de dados agrometeorológicos do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, (Agritempo), e outros parâmetros da cultura e do solo. E com isso, foi possível simular cenários agrícolas futuros para aumentos de temperatura de 1°C, 3°C e 5,8°C e aumentos de precipitação de 5%, 10% e 15%. Esses aumentos foram simulados de maneira homogênea para todo o país e desconsideraram qualquer evolução tecnológica, tanto no manejo das culturas quanto no seu melhoramento genético, e qualquer adaptação fisiológica das plantas às novas condições (PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

As figuras abaixo exemplificam três cenários para o plantio da soja de 1^o a 10 de outubro, em solo de textura média e com aumento de 15% na precipitação, para os três aumentos de temperatura.

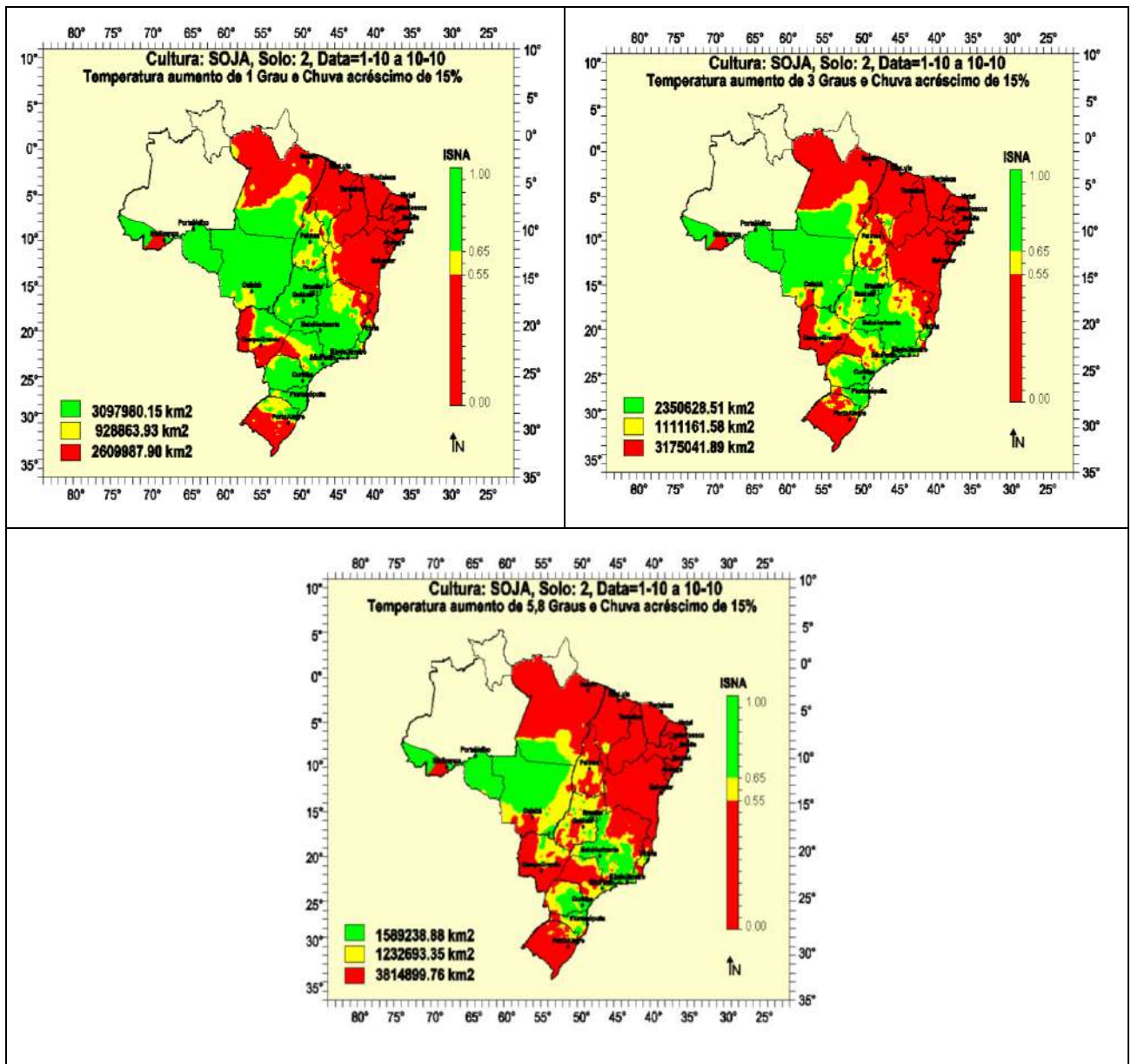


Figura 2.5 - Exemplos de cenários de zoneamento de risco climático futuro para plantio da soja de 1 a 10 de outubro, em solo de textura média, aumento de 15% na precipitação e de 1°C (figura lado esquerdo), de 3°C (figura lado direito) e de 5,8°C (figura central) na temperatura. São apresentadas três classes de índice de satisfação das necessidades de água, de 0 a 0,55, de 0,56 a 0,65 e de 0,66 a 1, definidas como inapta (em vermelho), apta com restrições (em amarelo) e apta (em verde), respectivamente.

(Fonte: PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

Pode ser observado pela Figura 2.5 que haveria uma redução da área apta para o plantio, ocasionado pelas mudanças climáticas. De acordo com os modelos do zoneamento de risco climático, para o caso da soja, exemplificado na Figura 2.5, no cenário mais pessimista haveria um decréscimo de 1.204.911,86 km², exclusivamente para esse período de plantio. O cenário de aumento de 1°C a partir de 1990 já está próximo de acontecer e o cenário de 3°C é praticamente certo. As estimativas para este último cenário mostram perdas de área em torno de 18% para o arroz, 11% para o feijão, 39% para a soja, 58% para o café e apenas 7% para o milho (PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

Embora as condições iniciais dessas simulações desconsiderem questões importantes, os resultados destas simulações nos mostram tendências que são essenciais ao planejamento das pesquisas, principalmente quanto à adaptação dos sistemas de cultivos e de novos cultivares mais tolerantes às altas temperaturas e mais resistentes à seca (PELLEGRINI, ASSAD e MARIN, 2007).

No trabalho realizado por ASSAD et al. (2004), foram feitos estudos com cinco condições diferentes para o Estado de Minas Gerais: região para cafeicultura com irrigação necessária; região com aptidão natural; região inapta por excesso térmico (temperatura média anual maior que 23°C); região apta, mas com risco de geada; e região inapta.

No primeiro cenário, isto é, aumento de 1°C na temperatura e 15% de acréscimo na precipitação pluvial, aparecem reduções na área com irrigação necessária no noroeste e centro do Estado e conseqüentemente deslocamento da área com potencial produtivo para o sul (Figura 2.6). O total da área inapta no Estado, que era de 24,1%, passa para 43,3%. Nesse primeiro cenário, foi observado um aumento na área naturalmente apta (baixo ou nenhum risco de geada ou excesso térmico), havendo um aumento de 8,9% para 12,4% da área total do Estado. Com o risco de geada reduzido, há um pequeno aumento, de 0,4% para 1%, de áreas restritas por excesso térmico.

No segundo cenário, houve um aumento de 3°C na temperatura média anual, o cultivo do café fica ainda mais restrito. Áreas com risco de geada praticamente desaparecem. A área com produção sob condição de irrigação atingiria somente 6,1% do Estado; e 76,3% da área total seria considerada inapta para a cultura do café.

No terceiro cenário, mais pessimista, a cultura do café passa a ser possível apenas em 2,6% da área do Estado, e concentrada em alguns municípios do sul, nas regiões, mais amenas, que neste caso são as regiões montanhosas e de difícil manejo.

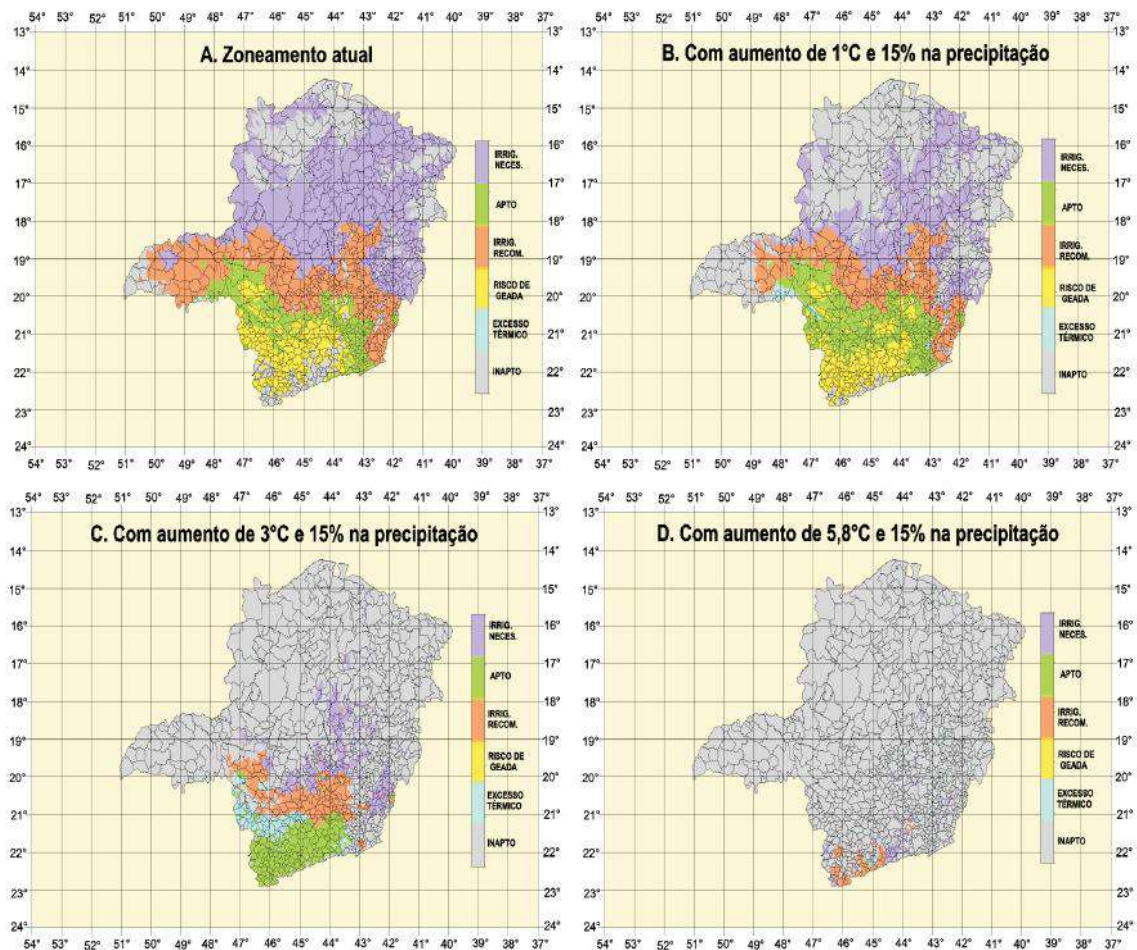


Figura 2.6 - Zoneamento atual do café para o Estado de Minas Gerais (A); Zoneamento considerando aumento de 1°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (B); Zoneamento considerando aumento de 3°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (C); Zoneamento considerando aumento de 5,8°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (D) (Fonte: ASSAD et al, 2004).

Conhecendo-se o que pode ocorrer, as medidas de mitigação das mudanças climáticas devem se pautar na área do gerenciamento agrícola, em que o mesmo, fará análises de mudanças nos sistemas produtivos, substituição, consorciamento e rotação de culturas que levem a processos que promovam a redução da emissão de gases de efeito estufa, adotando ou definindo melhores práticas de manejo. Também se deve buscar aqui métodos que aumentem o acúmulo e manutenção do carbono no sistema produtivo, como manutenção de cobertura vegetal do solo ao longo do ano, aumento substancial da incorporação de matéria orgânica, implantação de culturas mais eficientes na fixação do carbono e, a mais efetiva delas, a adoção de medidas eficazes para a redução das queimadas e desmatamentos de ecossistemas naturais (PELLEGRINI, ASSAD, MARIN, 2007).

2.3. Importância nutricional das culturas

2.3.1. A cultura da abóbora (*Cucurbita moschata* Duch)

É uma cultura tipicamente tropical com frutos ricos em vitamina A. Também fornece vitaminas do complexo B, cálcio e fósforo. Na mesma planta encontram-se flores femininas (que originam os frutos) e masculinas (que fornecem o pólen). Para boa produtividade e frutos sem deformações, é necessária a presença de abelhas para a polinização. Os tipos mais encontrados são: seca (frutos grandes), baianinha (casca rajada) e japonesa ou cabotiá (casca verde-escuro). No caso das abóboras híbridas (cabotiá), para o pegamento dos frutos, é preciso que outra espécie, plantada 15 dias antes do híbrido, forneça o pólen ou seja aplicado hormônio sintético nas flores.

É favorecida por temperaturas elevadas. Tolerante a temperaturas amenas (entre 15° e 25°C), mas não resiste a geadas. Dias curtos, com menor exposição do Sol, favorecem a floração feminina, resultando em maior produtividade. Em regiões de inverno suave, é possível plantar o ano todo, desde que haja irrigação (EMBRAPA, 2010).

2.3.2. A cultura da alface (*Lactuca sativa*)

Originária da Europa e da Ásia, a alface pertence à família da alcachofra, almeirão e chicória ou escarola. É conhecida desde o ano 500 antes de Cristo. A alface constitui uma importante fonte de sais minerais, principalmente de cálcio e ferro, fibras e vitaminas A, B e C. Cada 100 gramas contêm 16 quilocalorias (COMPANHIA DOS LIVROS, 2004; EMBRAPA, 2007).

2.3.3. A cultura da batata (*Solanum tuberosum* ssp. *Tuberosum*)

Originária dos Andes, a batateira produz caules modificados (tubérculos) ricos em carboidratos, muito utilizados na alimentação humana. A batata também é fonte importante de fósforo e vitaminas do grupo B. O tubérculo com brotações é a estrutura usada para plantio das lavouras de batata para consumo. Adapta-se melhor a solos arenosos, arejados e bem drenados, o que dificulta o aparecimento de doenças. A colheita é feita quando as ramas já estão secando e tombando.

No centro-sul, pode-se plantar o ano inteiro. Entretanto, os plantios de inverno e primavera são melhores que os de verão, pois a cultura se desenvolve melhor sob temperaturas amenas (entre 15° e 25°C), sofrendo menor incidência de doenças. Temperaturas altas noturnas (acima de 20°C) por mais de 60 dias inviabiliza a produção de tubérculos (EMBRAPA, 2010).

2.3.4. A cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.)

É uma planta arbustiva, resistente e vigorosa. Produzem frutos roxo-escuros ou quase negros. É rica em vitamina A, B1, B2, B5, C, potássio, fósforo, cloro, cálcio, sódio, ferro, magnésio e enxofre. O plantio é realizado via semente, em bandejas com posterior transplantio para o campo.

É uma planta de clima quente, sendo favorecida pelo calor, principalmente para a germinação, emergência e formação da muda (EMBRAPA, 2010).

2.3.5. A cultura da beterraba (*Beta vulgaris*)

A beterraba é uma raiz tuberosa, originária da Europa, pertencente à família da acelga e do espinafre verdadeiro. Existem três tipos de beterraba: a beterraba açucareira, usada para produção de açúcar; a beterraba forrageira, usada para alimentação animal; e aquela cujas raízes são consumidas como hortaliça, sendo a mais conhecida no Brasil. Destaca-se como uma das hortaliças mais ricas em ferro, tanto na raiz quanto nas folhas, em vitaminas A, B e C, sais minerais, como sódio, potássio, zinco e magnésio. Cada 100 gramas contem 50 quilocalorias (COMPANHIA DOS LIVROS, 2004; EMBRAPA, 2007).

2.3.6. A cultura da cenoura (*Daucus carota* L.)

A cenoura é uma planta cuja parte comestível é a raiz tuberosa de cor alaranjada. Tem alto teor de betacaroteno, substância necessária à produção de vitamina A pelo nosso organismo. Também fornece cálcio, sódio e potássio. O solo deve ser bem fofo, sem qualquer obstáculo ao crescimento das raízes, para que não ocorram deformações. O amarelecimento e o secamento das folhas mais velhas e o arqueamento das folhas mais novas são indicativos do ponto de colheita.

A faixa ideal para uma germinação rápida e uniforme das sementes é de 20° a 30°C. Para cultivares de verão, baixas temperaturas no campo induzem as plantas a florescerem, o que só é desejável para produtores de sementes. Deve-se atentar à adequação da cultivar com o clima na época de plantio (EMBRAPA, 2010).

2.3.7. A cultura da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)

É uma hortaliça rica em cálcio e fósforo e fonte de fosfato e vitamina C. A parte comestível é a inflorescência (conjunto de floretes) ainda imatura, antes da abertura das flores.

As mudas devem ser produzidas em substrato enriquecido com cálcio e fósforo e pobre em nitrogênio. Assim como o brócolis, é muito exigente em adubação com boro e molibdênio. Deve-se irrigar bem a lavoura de couve-flor, mas sem excesso, para não favorecer o aparecimento de doenças. Algumas folhas devem ser mantidas para a proteção da cabeça durante o transporte que, preferencialmente, deve ser feito sob refrigeração.

É fundamental a escolha da cultivar correta de acordo com a época de plantio, pois há cultivares adaptadas a temperaturas mais quentes e a temperaturas mais amenas, entre 15° e 25°C (EMBRAPA, 2010).

2.3.8. A cultura da couve-brócolos (*Brassica oleracea*)

O brócolis é uma hortaliça de inflorescência, originária da região do Mediterrâneo, pertencente à família da couve-comum, couve-flor, repolho, mostarda, rabanete e do agrião (Embrapa Hortaliças, Emater-DF, sem data).

O brócolis é rico em cálcio e ferro, vitamina C e vitaminas do complexo B. Cada 100 gramas contem 49 quilocalorias (COMPANHIA DOS LIVROS, 2004).

2.3.9. A cultura da ervilha (*Pisum sativum* L.)

A ervilha é uma planta semelhante a feijão-vagem. Produz grãos tanto para a agroindústria (cultivares para debulhar, que geram grãos secos e verdes) quanto para consumo em vagem comestível. As ervilhas são hortaliças muito nutritivas e fornecem boa quantidade de vitaminas A, C e B, minerais e fibras. A sementeira é feita diretamente no local definitivo, pois não tolera o transplante. Para a produção de vagens comestíveis, a colheita deve se iniciar

de 60 a 100 dias após o plantio, com os grãos ainda em desenvolvimento, dependendo da cultivar.

Exige temperaturas amenas a frias (de 25°C para baixo), adaptando-se às condições dos períodos de outono e inverno das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. (EMBRAPA, 2010).

2.3.10. A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*)

O feijão tem grande importância econômica e social, sendo cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões brasileiras. É uma cultura apropriada para compor desde sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência. As variações observadas na preferência dos consumidores orientam a pesquisa tecnológica e direcionam a produção e comercialização do produto, pois as regiões brasileiras são bem definidas quanto à preferência do grão de feijoeiro comum consumido (EMBRAPA, 2007).

Graças as suas comprovadas propriedades nutritivas, o feijão é altamente desejável como componentes em dietas de combate à fome e à desnutrição. Quando combinado com cereais, especialmente o arroz, proporciona uma complementação protéica importante. Além do seu conteúdo protéico e de aminoácidos, possui elevado teor de fibra, vitaminas (especialmente do complexo B) e carboidratos. Conseqüentemente, representa importante fonte de nutrientes e de energia (EMBRAPA, 2007). Cada 100 gramas contem 320 quilocalorias (COMPANHIA DOS LIVROS, 2004).

2.3.11. A cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)

O pimentão é uma das hortaliças mais ricas em vitamina C, quando maduro é excelente fonte de vitamina A. O plantio é feito em bandejas para posterior transplante em local definitivo. Deve ser tutorada (apoiada com estacas e arame) para não tombar. É exigente em nutrientes e se desenvolve melhor em solos com partículas médias (siltosos). É muito atacada por doenças, sendo recomendado alternar o plantio de pimentão com outras espécies (gramíneas, por exemplo), para diminuir a incidência de doença no próximo ciclo.

É uma planta de origem tropical, produzindo melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas (entre 15° e 25°C). Não tolera frio nem geadas, razão pela qual tem

crescido o seu cultivo em casas de vegetação. Onde o inverno é ameno, pode ser cultivado durante o ano todo (EMBRAPA, 2010).

2.3.12. A cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

É uma das hortaliças mais consumidas no mundo, sendo fonte de vitaminas A e C e de sais minerais como potássio. Há cultivares de crescimento determinado (destinadas para indústria de processamento) e de crescimento indeterminado (maioria destinada para mesa). São reunidas em cinco grupos: grupo Santa Cruz, Salada, Cereja, Italiano (ou Saladete ou San Marzano) e grupo Agroindustrial. É bastante exigente em adubação e é muito atacada por doenças, exigindo elevado conhecimento da cultura para um cultivo eficiente.

Desenvolve-se melhor em regiões altas (serras e planaltos) de clima tropical e também em clima subtropical ou temperado, seco e com alta incidência de luz solar. Regiões muito úmidas e quentes são problemáticas para a cultura, favorecendo doenças.

2.3.13 A cultura do trigo (*T. Aestivum*)

O cultivo do trigo ocorre em todo o mundo, tem-se uma estimativa de que o mesmo seja cultivado em 124 países, que compõe diversas geografias e climas. A época de plantio e colheita se difere para cada hemisfério, podendo ter trigo de primavera e inverno.

A produção deste cereal no mundo tem como destino principal o consumo humano e, também, o preparo de ração animal, quando o mesmo não atinge a qualidade exigida para o consumo humano (MAGGIAN, FELIPE, 2009 citados por MAGGIAN, GARCIA RIBEIRO, FELIPE, 2010).

Segundo dados da Organizações das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization - FAO*), atualmente o cereal é considerado essencial na dieta por concentrar elevado valor energético e rico em carboidratos e proteínas. Por não possuir um substituto direto, que contenha todos os nutrientes, o torna essencial, conhecido, por este fato, como o mais nobre dos cereais (MAGGIAN, GARCIA RIBEIRO, FELIPE, 2010).

CAPÍTULO 3

3. Materiais e métodos

3.1. Região de estudo

A cidade de Gonçalves está localizada no sul de Minas Gerais, tem como municípios limítrofes as cidades de Paraisópolis (MG), São Bento do Sapucaí (SP), Sapucaí-Mirim (MG) e Camanducaia (MG). Localizada a uma distância de aproximadamente 460 Km da capital do estado.

O clima da região é classificado pela metodologia de Köppen como tropical de temperado chuvoso, apresentando temperaturas médias mensais, aproximadas, entre 14°C no mês de julho e 21°C em Janeiro, com valor médio anual de 18°C (POMPEU et al., 2009).

Segundo o IBGE (2010), a população da região é de cerca de 4220 habitantes, apresentando uma área de 187 km², sendo a agricultura a segunda maior atividade econômica.

3.2. Dados

Os dados utilizados na avaliação da aptidão térmica do município de Gonçalves foram as temperaturas do ar médias mensais, exigências térmicas e ciclo vegetativo das culturas. As temperaturas foram obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação climatológica do INMET utilizada neste estudo situa-se nas coordenadas 21°55' de latitude Sul e 46°23' de longitude Oeste, localizada na cidade de Poços de Caldas próxima a cidade de Gonçalves, aproximadamente a 120 km de distância, como pode ser observado na Figura 2.7, tendo características climáticas bastante semelhantes, podendo assim ser utilizada neste estudo. A Tabela 3.1 contem as temperaturas médias mensais da estação do INMET. Não foram utilizados dados de precipitação porque a agricultura praticada na região de estudo é irrigada, ou seja, não é do tipo sequeiro que conta com a precipitação natural para atender as necessidades hídricas das culturas.



Figura 2.7 – Localização da cidade de Gonçalves- MG e de Poços de Caldas- MG (Fonte: Google Earth, 2012).

As exigências térmicas e o ciclo vegetativo das culturas selecionadas para este estudo estão listadas na Tabela 3.2. Nessa tabela, a temperatura ótima representa o intervalo de temperatura no qual o crescimento da cultura ocorre de maneira ótima. Para a seleção das culturas foram observados os seguintes critérios: ciclo curto, fácil manejo, importância nutricional e econômica.

Tabela 3.1 – Temperaturas médias mensais, em graus Celsius, da estação climatológica principal do INMET localizada em Poços de Caldas para o período 1999-2008.

Meses												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
21,11	20,94	20,45	18,93	15,12	14,10	13,79	15,54	17,74	19,65	19,80	20,49	

Tabela 3.2 - Exigências térmicas e ciclo vegetativo das culturas selecionadas (Fonte: ¹DOOREMBOS e KASSAM, 1994; ²MAKISHIMA, 1993).

Culturas	Ciclo dias	Temperatura ótima °C	Solo textura
Abóbora ²	120-150	20-27	areno-argiloso
Alface ²	40-60	12-22	areno-argiloso
Batata ¹	150-180	18-20	areno-argiloso
Berinjela ²	90-100	18-25	areno-argiloso
Beterraba ¹	140-160	20-25	argiloso
Brócolis ²	70-80	8-22	areno-argiloso
Cenoura ²	70-120	8-22	areno-argiloso
Couve-flôr ²	70-100	7-22	areno-argiloso
Ervilha ¹	65-100	10-23	areno-argiloso
Pimentão ¹	120-150	18-27	areno-argiloso
Tomate ¹	90-150	18-25	areno-argiloso
Feijão seco ¹	90-120	15-20	areno-argiloso
Feijão verde ¹	60-90	15-20	areno-argiloso
Trigo de inverno ¹	180-250	15-20	areno-argiloso
Trigo de primavera ¹	100-130	15-20	areno-argiloso

Para se fazer a avaliação da aptidão térmica da região de estudo, para diferentes culturas, considerando-se os cenários futuros de mudanças climáticas, foram utilizados os mesmos dados para o clima atual. No entanto, para este estudo, foram gerados três cenários denominados cenário 1 (viés frio), cenário 2 (média) e cenário 3 (viés quente). Esses três cenários foram gerados a partir dos valores médios sazonais de aumento de temperatura prognosticados por cinco modelos climáticos utilizados pelo IPCC, conforme apresentado nas Tabelas 3.3 e 3.4, para os cenários extremos de emissões de gases do efeito estufa, a saber: cenário B2, ou otimista, e cenário A2, ou pessimista.

Tabela 3.3 – Aumento sazonal da temperatura do ar, em graus Celsius, prognosticado pelos cinco modelos climáticos do IPCC para os cenários B2 e A2 de emissões de gases do efeito estufa.

Modelos	Cenários de emissões								
	B2 (otimista)				A2 (pessimista)				
	DJF	MAM	JJA	SON	Modelos	DJF	MAM	JJA	SON
CCMA	1,0	1,0	1,0	1,0	CCMA	1,0	1,0	1,0	1,0
CSIRO	1,0	1,0	1,0	1,0	CSIRO	1,0	1,0	1,0	1,0
GFDL	1,0	1,0	2,0	1,0	GFDL	2,0	1,0	2,0	2,0
HadCM3	1,0	1,0	1,0	1,0	HadCM3	1,0	1,0	1,0	2,0
CCSR/NIES	2,0	1,0	1,0	2,0	CCSR/NIES	2,0	1,0	1,0	2,0
Média	1,2	1,0	1,2	1,2	Média	1,4	1,0	1,2	1,6

Tabela 3.4 – Cenários de aumento sazonal da temperatura do ar, em graus Celsius, gerados a partir dos prognósticos dos cinco modelos climáticos do IPCC, considerando seus vieses, para os cenários B2 e A2 de emissões de gases do efeito estufa.

Cenários de emissões									
Cenários	B2 (otimista)				Cenários	A2 (pessimista)			
	DJF	MAM	JJA	SON		DJF	MAM	JJA	SON
cenário 1	0,2	0,0	0,2	0,2	cenário 1	0,4	0,0	0,2	0,6
cenário 2	1,2	1,0	1,2	1,2	cenário 2	1,4	1,0	1,2	1,6
cenário 3	2,2	2,0	2,2	2,2	cenário 3	2,4	2,0	2,2	2,6

Os cenários 1 e 3 foram determinados diminuindo-se e somando-se 1,0° C, respectivamente, aos valores do cenário 2 (médio), que por sua vez corresponde às médias sazonais de aumento de temperatura prognosticados pelos cinco modelos climáticos utilizados pelo IPCC. Os cinco modelos climáticos do IPCC apresentam o mesmo valor de $\pm 1,0^\circ$ C para o viés frio e quente na região Sudeste do Brasil (MARENGO, 2006). Os valores de temperatura do ar gerados para os cenários deste estudo são apresentados nas Tabelas 3.5 e 3.6, para os cenários B2 e A2 de emissões de gases do efeito estufa, respectivamente.

Tabela 3.5 - Valores de temperatura do ar, em graus Celsius, gerados para os cenários 1, 2 e 3, para o cenário B2 de emissões de gases do efeito estufa.

Cenário B2												
Cenários	Meses											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Cenário 1	21,31	21,14	20,45	18,93	15,12	14,30	13,99	15,74	17,94	19,85	20,00	20,69
Cenário 2	22,31	22,14	21,45	19,93	16,12	15,30	14,99	16,74	18,94	20,85	21,00	21,69
Cenário 3	23,31	23,14	22,45	20,93	17,12	16,30	15,99	17,74	19,94	21,85	22,00	22,69

Tabela 3.6 - Valores de temperatura do ar, em graus Celsius, gerados para os cenários 1, 2 e 3, para o cenário A2 de emissões de gases do efeito estufa.

Cenário A2												
Meses												
Cenários	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Cenário 1	21,51	21,34	20,45	18,93	15,12	14,3	13,99	15,74	18,34	20,25	20,4	20,89
Cenário 2	22,51	22,34	21,45	19,93	16,12	15,3	14,99	16,74	19,34	21,25	21,4	21,89
Cenário 3	23,51	23,34	22,45	20,93	17,12	16,3	15,99	17,74	20,34	22,25	22,4	22,89

3.3. Avaliação da aptidão térmica do município de Gonçalves para diferentes culturas

Para se fazer a análise da aptidão térmica da região para as culturas selecionadas, fez-se a utilização do seguinte critério:

- se: $Tótima(min) \leq Tar(med) \leq Tótima(max)$, então a região é classificada como termicamente apta (ótima) para a cultura em questão;
- se: $Tótima(min) > Tar(med)$ ou $Tar(med) > Tótima(max)$, então a região é classificada como termicamente inapta para a cultura em questão.

em que,

$Tótima(min)$: é a temperatura mínima ótima para o cultivo, abaixo da qual a produtividade não será ótima;

$Tótima(max)$: é a temperatura máxima ótima para o cultivo, acima da qual a produtividade não será ótima;

$Tar(med)$: é a temperatura do ar média mensal.

Como a escala do ciclo vegetativo das plantas é diária, fez-se uma adequação dos meses para uma escala de decêndio, que compreende dez dias, para o calendário de cultivo. Tendo assim, o ano 36 decêndios, sendo que os decêndios de um mesmo mês possuem a mesma temperatura média. Cada decêndio foi classificado como apto (ótimo) ou inapto, de acordo com o critério descrito anteriormente. A partir dessa classificação, foram identificados os decêndios em que cada cultura poderia ser cultivada, de forma a poder sempre completar seu ciclo sob condições aptas.

3.4. Avaliação dos impactos dos cenários de mudanças climáticas na aptidão agroclimática da cidade de Gonçalves

Para avaliar os possíveis impactos de mudanças climáticas na aptidão térmica desta região para diferentes cultivos, foram utilizados os mesmos critérios descritos no item anterior. Porém, os intervalos de temperatura ótima para a cultura foram comparados às temperaturas do ar médias mensais obtidas para os cenários 1, 2 e 3 dos cenários B2 e A2, mencionados no item anterior.

CAPÍTULO 4

4. Resultados e discussão

4.1. Aptidão térmica da cidade de Gonçalves

Neste capítulo serão descritas as melhores datas de plantio das 13 culturas investigadas, com base no calendário agrícola elaborado para as condições climáticas atuais da cidade de Gonçalves. O Quadro 4.1 ilustra os decêndios aptos e inaptos para o plantio de uma determinada cultura, sendo os mesmos identificados pelas cores verde e vermelho, respectivamente. Através da análise deste quadro, pode-se observar que:

- i)* Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:
 - alface – condições aptas para o plantio durante todo o ano;
 - couve - brócolos – condições aptas para o plantio durante todo o ano;
 - couve-flor – condições aptas para o plantio durante todo o ano.

- ii)* Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:
 - Feijão (seco) – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de agosto;
 - Feijão (verde) – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de agosto ao primeiro decêndio de setembro.

- iii)* Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
 - batata – condições inaptas para plantio durante todo o ano.
 - beterraba – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
 - cenoura – condições aptas para o plantio durante todo o ano.

- iv)* Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
 - abóbora – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
 - berinjela – condições aptas em janeiro e de outubro a dezembro.

- ervilha – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
 - pimentão – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - tomate – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro..
- v) Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
 - trigo (primavera) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.

Quadro 4.1-Calendário agrícola para as condições climáticas atuais para a cidade de Gonçalves

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	D	D	D		
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36		
Cultura																																						
Abóbora																																						
Alface																																						
Batata																																						
Beterraba																																						
Berinjela																																						
Cenoura																																						
Couve-flôr																																						
Couve-Brócolos																																						
Ervilha																																						
Feijão(verde)																																						
Feijão(seco)																																						
Pimentão																																						
Tomate																																						
Trigo(primavera)																																						
Trigo(inverno)																																						
Legenda																																						
Apto																																						
Inapto																																						

4.2. Aptidão térmica da cidade de Gonçalves para os cenários B2 e A2

4.2.1. Cenário 3: viés quente do cenário B2

A seguir será descrito o calendário agrícola, para a região de estudo e culturas selecionadas, tendo como base o viés quente do cenário B2 (Quadro 4.2).

- i) Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- alface – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de abril ao primeiro decêndio de setembro.

- couve - brócolos – condições aptas para o plantio de abril ao segundo decêndio de setembro.
 - couve - flor – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de abril ao primeiro decêndio de setembro.
- ii)* Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- Feijão (seco) – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de maio ao primeiro decêndio de junho.
 - Feijão (verde) – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de maio ao primeiro decêndio de julho.
- iii)* Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- batata – condições inaptas durante todo o ano.
 - beterraba – condições aptas para o plantio de abril ao primeiro decêndio de agosto.
 - cenoura – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de abril ao primeiro decêndio de setembro.
- iv)* Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- abóbora – condições aptas para o plantio de outubro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - berinjela – condições aptas em janeiro e de setembro a dezembro.
 - ervilha – condições aptas para o plantio do primeiro decêndio de março ao terceiro decêndio de setembro.
 - pimentão – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - tomate – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
- v)* Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
- trigo (primavera) – condições aptas para o plantio durante o mês de maio.

Quadro 4.2-Calendário agrícola para o viés quente do cenário B2

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	D	D	D		
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	
Cultura																																					
Abóbora																																					
Alface																																					
Batata																																					
Beterraba																																					
Berinjela																																					
Cenoura																																					
Couve-flôr																																					
Couve-Brócolos																																					
Ervilha																																					
Feijão (verde)																																					
Feijão(seco)																																					
Pimentão																																					
Tomate																																					
Trigo(primavera)																																					
Trigo(inverno)																																					
Legenda																																					
Apto																																					
Inapto																																					

4.2.2. Cenário 2: média do cenário B2

A seguir será descrito o calendário agrícola, para a região de estudo e culturas selecionadas, tendo como base a média do cenário B2 (Quadro 4.3).

- i) Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:
 - alface – condições aptas para o plantio de março ao primeiro decêndio de novembro.
 - couve - brócolos – condições aptas para o plantio de março ao segundo decêndio de outubro.
 - couve - flor – condições aptas para o plantio de março ao terceiro decêndio de setembro.

- ii) Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:
 - Feijão (seco) – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de agosto.

- Feijão (verde) – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de abril.
- iii)* Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- batata – condições inaptas durante todo o ano.
 - beterraba – condições aptas para o plantio de março ao terceiro decêndio de outubro.
 - cenoura – condições aptas para o plantio de março ao primeiro decêndio de setembro.
- iv)* Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- berinjela – condições aptas em janeiro e de setembro a dezembro.
 - pimentão – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - ervilha – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
 - tomate – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - abóbora – condições aptas para o plantio de outubro ao primeiro decêndio de novembro.
- v)* Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
 - trigo (primavera) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.

Quadro 4.3- Calendário agrícola para o viés médio do cenário B2

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	D	D	D		
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36		
Cultura																																						
Abóbora																																						
Alface																																						
Batata																																						
Beterraba																																						
Berinjela																																						
Cenoura																																						
Couve-flôr																																						
Couve-Brócolos																																						
Ervilha																																						
Feijão(verde)																																						
Feijão(seco)																																						
Pimentão																																						
Tomate																																						
Trigo(primavera)																																						
Trigo(inverno)																																						
Legenda																																						
Apto																																						
Inapto																																						

4.2.3. Cenário 1: viés frio do cenário B2

A seguir será descrito o calendário agrícola, para a região de estudo e culturas selecionadas, tendo como base o viés frio do cenário B2 (Quadro 4.4).

i) Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- alface – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
- couve - brócolos – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
- couve - flor – condições aptas para o plantio durante todo o ano.

ii) Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- Feijão (seco) – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de agosto.
- Feijão (verde) – condições aptas para o plantio apenas do primeiro decêndio de agosto ao primeiro decêndio de setembro.

iii) Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- batata – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
- beterraba – condições aptas para o plantio durante todo o ano.

- cenoura – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
- iv) Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- berinjela – condições aptas em janeiro e de outubro a dezembro.
 - pimentão – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - ervilha – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
 - tomate – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - abóbora – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de novembro.
- v) Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
 - trigo (primavera) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.

Quadro 4.4-Calendarário agrícola para o viés frio do cenário B2

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	D	D	D	
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	
Cultura																																					
Abóbora																																					
Alface																																					
Batata																																					
Beterraba																																					
Berinjela																																					
Cenoura																																					
Couve-flôr																																					
Couve-Brócolos																																					
Ervilha																																					
Feijão(verde)																																					
Feijão(seco)																																					
Pimentão																																					
Tomate																																					
Trigo(primavera)																																					
Trigo(inverno)																																					
Legenda																																					
Apto																																					
Inapto																																					

4.2.4. Cenário 3: viés quente do cenário A2

A seguir será descrito o calendário agrícola, para a região de estudo e culturas selecionadas, tendo como base o viés quente do cenário A2 (Quadro 4.5).

i) Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- alface – condições aptas para o plantio de abril ao segundo decêndio de setembro.
- couve - brócolos – condições aptas para o plantio de março ao primeiro decêndio de agosto.
- couve - flor – condições aptas para o plantio de março até o terceiro decêndio de junho.

ii) Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- Feijão (seco) – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de maio.
- Feijão (verde) – condições aptas para o plantio de maio ao primeiro decêndio de junho.

iii) Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- batata – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
- beterraba – condições aptas para o plantio de março ao segundo decêndio de julho.
- cenoura – condições aptas para o plantio de abril ao segundo decêndio de maio.

iv) Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- berinjela – condições aptas em janeiro e de setembro a dezembro.
- pimentão – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
- ervilha – condições aptas para o plantio de março a setembro.
- tomate – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.

- abóbora – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
- v) Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
 - trigo (primavera) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.

Quadro 4.5-Calendarário agrícola para o viés quente do cenário A2

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	D	D	D	
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	
Cultura																																					
Abóbora																																					
Alface																																					
Batata																																					
Beterraba																																					
Berinjela																																					
Cenoura																																					
Couve-flór																																					
Couve-Brócolos																																					
Ervilha																																					
Feijão(verde)																																					
Feijão(seco)																																					
Pimentão																																					
Tomate																																					
Trigo(primavera)																																					
Trigo(inverno)																																					
Legenda																																					
Apto																																					
Inapto																																					

4.2.5. Cenário 2: média do cenário A2

A seguir será descrito o calendário agrícola, para a região de estudo e culturas selecionadas, tendo como base a média do cenário B2 (Quadro 4.6).

- i) Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- alface – condições aptas para o plantio de março ao primeiro decêndio de novembro.
 - couve - brócolos – condições aptas para o plantio de março ao segundo decêndio de outubro.
 - couve - flor – condições aptas para o plantio de março até o terceiro decêndio de setembro.

ii) Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- Feijão (seco) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
- Feijão (verde) – condições aptas para o plantio apenas no primeiro decêndio de abril.

iii) Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- batata – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de novembro.
- beterraba – condições aptas para o plantio de março ao primeiro decêndio de outubro.
- cenoura – condições aptas para o plantio de março ao primeiro decêndio de setembro.

iv) Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- berinjela – condições aptas em janeiro e de setembro a dezembro.
- pimentão – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
- ervilha – condições aptas para o plantio durante o ano inteiro.
- tomate – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
- abóbora – condições aptas para o plantio de outubro ao primeiro decêndio de novembro.

vi) Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
- trigo (primavera) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano

Quadro 4.6- Calendário agrícola para o viés médio do cenário A2

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	D	D	D		
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36		
Cultura																																						
Abóbora																																						
Alface																																						
Batata																																						
Beterraba																																						
Berinjela																																						
Cenoura																																						
Couve-flôr																																						
Couve-Brócolos																																						
Ervilha																																						
Feijão(verde)																																						
Feijão(seco)																																						
Pimentão																																						
Tomate																																						
Trigo(primavera)																																						
Trigo(inverno)																																						
Legenda																																						
Apto																																						
Inapto																																						

4.2.6. Cenário 1: viés frio do cenário A2

A seguir será descrito o calendário agrícola, para a região de estudo e culturas selecionadas, tendo como base o viés frio do cenário A2 (Quadro 4.7).

i) Para o grupo das verduras, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- alface – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
- couve - brócolos – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
- couve - flor – condições aptas para o plantio durante todo o ano.

ii) Para o grupo dos legumes, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- Feijão (seco) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
- Feijão (verde) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.

iii) Para o grupo dos tubérculos, tem-se as seguintes épocas de plantio:

- batata – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de novembro.
- beterraba – condições aptas para o plantio durante todo o ano.

- cenoura – condições aptas para o plantio durante todo o ano.
- iv) Para o grupo dos frutos, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- berinjela – condições aptas em janeiro e de setembro a dezembro.
 - pimentão – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - ervilha – condições aptas para o plantio durante o ano inteiro.
 - tomate – condições aptas para o plantio de setembro ao primeiro decêndio de dezembro.
 - abóbora – condições aptas para o plantio de outubro ao primeiro decêndio de novembro.
- v) Para o grupo dos cereais, tem-se as seguintes épocas de plantio:
- trigo (inverno) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.
 - trigo (primavera) – condições inaptas para o plantio durante todo o ano.

Quadro 4.7-Calendarário agrícola para o viés frio do cenário A2

Mês	J	J	J	F	F	F	M	M	M	A	A	A	M	M	M	Jn	Jn	Jn	Jl	Jl	Jl	A	A	A	S	S	S	O	O	O	N	N	N	N	D	D	D	
Decêndio	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36		
Cultura																																						
Abóbora																																						
Alface																																						
Batata																																						
Beterraba																																						
Berinjela																																						
Cenoura																																						
Couve-flôr																																						
Couve-Brócolos																																						
Ervilha																																						
Feijão(verde)																																						
Feijão(seco)																																						
Pimentão																																						
Tomate																																						
Trigo(primavera)																																						
Trigo(inverno)																																						
Legenda																																						
Apto																																						
Inapto																																						

4.3. Impactos dos cenários de mudanças climáticas na aptidão térmica da cidade de Gonçalves (cenário B2 e A2)

Os impactos na aptidão térmica da cidade de Gonçalves relativos aos cenários de mudanças climáticas estudados para as culturas consideradas serão relatados a seguir e demonstrados no quadro 4.8. Os valores nulos indicam que não houve nenhuma mudança, os valores positivos que o número de decêndios aumentou e os valores negativos que eles diminuíram, a saber:

- Para a abobora, todos os cenários foram benéficos com um aumento de 1 (B2 viés frio), 4 (B2, A2 e A2 viés frio), 7 (B2 viés quente) e 10 (A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para a alface, houve uma diminuição de decêndios de 20 (B2 viés quente), 19 (A2 viés quente) e 11 (B2 e A2);
- Para a batata, houve um aumento de 7 (A2 viés frio e A2) decêndios aptos, deixando de ser inapta;
- Para a beterraba, houve uma diminuição de 12 (B2), 14 (A2), 23 (B2 viés quente), 22 (A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para a berinjela, houve um aumento de 3 (A2 viés frio, B2, A2, B2 viés quente e A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para a cenoura, houve uma diminuição de 17 (B2 e A2), 20 (B2 viés quente), 31 (A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para a couve - flôr, houve uma diminuição de 15 (B2 e A2), 20 (B2 viés quente), 24 (A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para a couve –brócolos, houve uma diminuição de 13 (B2 e A2), 19 (B2 viés quente) 20 (A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para a ervilha, houve uma diminuição de 15 (B2 viés quente e A2 viés quente) decêndios aptos;
- Para o feijão (verde), houve uma diminuição de 4 (A2 viés frio), ficando inapto, 3 (B2, A2) e houve um aumento de 3 (B2 viés quente) decêndios aptos;
- Para o feijão (seco), houve uma diminuição de 1(A2 viés frio e A2),ficando inapto, e houve um aumento de 3 (B2 viés quente) decêndios aptos;
- Para o tomate, o pimentão e o trigo (inverno) não houve mudanças no número de decêndios independentemente do cenário e viés;

- Para o trigo (primavera), houve um aumento de 3 (B2 viés quente) decêndios aptos.

Quadro 4.8 Impacto dos possíveis cenários na aptidão térmica normal

Cultura	Alteração nos Decêndios Aptos						
	Clima Atual	B2 Vies_Quente	B2	B2 Vies_Frio	A2 Vies_Quente	A2	A2 Vies_Frio
Abobora	0	7	4	1	10	4	4
Alface	36	-20	-11	0	-19	-11	0
Batata	0	0	0	0	0	7	7
Beterraba	36	-23	-12	0	-22	-14	0
Beringela	12	3	3	0	3	3	3
Cenoura	36	-20	-17	0	-31	-17	0
Couve-flôr	36	-20	-15	0	-24	-15	0
Couve_brocolis	36	-19	-13	0	-20	-13	0
Ervilha	36	-15	0	0	-15	0	0
Feijão (verde)	4	3	-3	0	0	-3	-4
Feijão (seco)	1	3	0	0	0	-1	-1
Pimentão	10	0	0	0	0	0	0
Tomate	10	0	0	0	0	0	0
Trigo (Primavera)	0	3	0	0	0	0	0
Trigo (Inverno)	0	0	0	0	0	0	0
Legenda							
Sem alteração							
Aumento de decêndios							
Diminuição de decêndios							

CAPÍTULO 5

5. Conclusões e recomendações

O estudo da aptidão térmica do município de Gonçalves demonstrou que os cenários de mudanças climáticas B2 e A2 projetados pelo IPCC:

- i)* não ocasionariam mudanças de aptidão térmica para as culturas do trigo (inverno), do tomate e do pimentão.
- ii)* seriam benéficos para as culturas da abóbora (em todos os cenários), batata (no A2 e A2 viés frio) e do trigo de primavera (no cenário B2 viés quente), pois proporcionariam a aptidão térmica. No caso da cultura da berinjela proporcionariam o aumento do período de cultivo em quase todos os vieses dos dois cenários, exceto no B2 viés frio.
- iii)* seriam prejudiciais nos cenários B2 e A2 e em seus vieses quente para as culturas da alface, da beterraba, da cenoura, da couve – flor e da couve – brócolos. Para a ervilha seria prejudicial nos cenários B2 e A2.
- iv)* seriam benéficos no cenário B2 viés quente, tanto para o feijão verde quanto para o seco. Seria prejudicial nos cenários B2, A2 e A2 viés frio para o feijão verde e nos cenários A2 e A2 viés frio para o feijão seco.
- v)* em geral, o viés quente dos cenários B2 e A2, por excesso de temperatura, seriam os que ocasionariam a maior perda de aptidão térmica na região de estudo sendo que no cenário do viés quente A2 os impactos seriam mais expressivos;
- vi)* em geral, o viés frio do cenário B2 foi o que mais se aproximou das condições atuais.
- vii)* em geral, as culturas apresentaram pelo menos uma vez a imutabilidade em relação a condição atual, exceto para a cultura da abóbora que mudou em todas as condições estudadas e para as culturas do pimentão, tomate e trigo de inverno que não apresentaram mudanças.

Assim, para os casos estudados o aumento de temperatura seria, na maioria das vezes, prejudicial para 8 das 15 culturas analisadas, benéfico para 4 culturas e indiferente para 3 culturas. Com isto, conclui-se que para este estudo em particular, os impactos seriam

negativos em termos de diversificação dos cultivos, tendo em vista que para a maioria das culturas a aptidão térmica do município de Gonçalves diminuiria.

É necessário que fique claro, que as culturas não se comportam da mesma maneira, e que para o caso estudado, o resultado foi negativo, o que não pode ser generalizado, pois o aumento da temperatura terá impactos relativos e não absolutos, ou seja, tais impactos serão positivos ou negativos dependendo da cultura de interesse. Para tanto, seria necessário investigar o maior número possível de cultivares. Dessa forma, seria possível concluir o saldo dos impactos, tendo em vista a diversidade de cultivos que poderiam ou não ser exploradas na região.

Sugere-se uma regionalização das projeções climáticas dos modelos globais do IPCC como uma possível extensão desse trabalho de pesquisa. Tal regionalização poderia ser feita, por exemplo, através de modelos numéricos regionais, o que possibilitaria uma melhor definição dos processos de superfície em comparação com os modelos globais. Desta forma, espera-se um detalhamento mais realístico do campo de temperatura, dentro dos primeiros níveis do modelo regional, sendo esta característica da regionalização de extrema importância para os estudos de zoneamento agroclimático.

Referências bibliográficas

ALLEY, R. B. *Mudança Climática Brusca*, Scientific American Brasil, Nº 12, pp. 8-15, Set-2005.

ASSAD, E.D., PINTO, H.S., JUNIOR, J.Z., ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, 11, 2004. Disponível em:

< http://www.cpa.unicamp.br/prod_cc/artigos-em_periodicos/39n11a01.pdf/download.pdf >
Acesso em: 22/08/2006.

CAMARGO, A.P.; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; CHIARINI, J.V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em zonas de cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado, 6. São Paulo, Ed. da USP, 1977. p.89-105.

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; PEDRO JR., M.J.; et al. *Aptidão climática de culturas agrícolas*, São Paulo ,Secretaria da Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo, V.1, p.109-149, 1974.

COMPANHIA DOS LIVROS, 2004: *Guia Prático de Medicina Alternativa: descubra o que os alimentos podem fazer por sua saúde*. Digerati Editorial, São Paulo. 128p.

DOORENBOS J., KASSAM A.H., 1994. *Efeito da água no rendimento das culturas*. Campina Grande, UFPB, 306p.

EMBRAPA, 2007. Sistemas de Produção. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 2007.

EMBRAPA, 2010. Catálogo Brasileiro de Hortaliças.

FAO, 2012. Disponível em: < <http://www.fao.org/hunger/en/>>.
Acesso em: 16/01/2012.

GLIESSMAN, S.R, 2001. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 2.ed., Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 652p.

HOOGENBOOM, G. *Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its application*, Agricultural and Forest Meteorology, V.103, p.137-157, 2000.

IBGE, 2007. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=312740#>>

Acesso em 16/01/2012

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC 1996a: Climate Change 1995: The Science of Climate Change-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Second Assessment Report. Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattemberg A. and Maskell K. (Eds.) *Cambridge Univ. Press*. 1996.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC 2001b: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report. *Cambridge Univ. Press*. 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC 2007: Climate Change Impacts, The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Fourth Assessment Report. *Cambridge Univ. Press*. 2007a.

MAKISHIMA, N., 1993. *O cultivo de hortaliças*. Brasília, EMBRAPA, 116p.

MAGGIAN, GARCIA RIBEIRO, FELIPE. Análise da rentabilidade da cultura de trigo na região de Guarapuava (PR). In 48^o Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Campo Grande. 2010

MARENGO, J. A. *Impactos das Condições Climáticas e da Variabilidade e Mudanças do Clima sobre a Produção e os Preços Agrícolas: Ondas de Frio e seu Impacto sobre a Cafeicultura nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil*. In: Lima, M. A. de, Cabral, O. M. R., Miguez, J. D. G. (Eds.). *Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, pp. 97-123. 2001

MARENGO, J.A., 2006. *Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade*. Brasília: MMA, 212p.

MARGULIS, S., DUBEUX, C.B.S., MARCOVITCH, J. *Economia da mudança do clima no Brasil*. Rio de Janeiro: Synergia, 2011. 331p.

MAVI, H.S.; TUPPER, G.J. *Agrometeorology – Principles and application of climate studies in agriculture*. New York: Food Products Press. 2004. 364p.

MEDLYN, B. E. E MCMURTRIE, R. E. *Effects of CO₂ on Plants at Different Timescales*. In: Ehleringer, J. R., Cerling, T. E. e Dearing, D. M. (ed.). *A History of Atmospheric CO₂ and Its Effects on Plants, Animals, and Ecosystems*. Springer. New York. USA. 2005. 530 pp.

MOTA, F.S. *Meteorologia agrícola*. Livraria Nobel S.A., 1975.São Paulo. 376p.

NETO, M.S.A., ARAÚJO, A.E., CARAMORI, P.H., GONÇALVES, S.L., WREGE, M.S., LAZZAROTTO, C., LAMAS, F.M., SANS, L.M.A., 2001. *Zoneamento agroecológico e definição da época de semeadura do algodoeiro no Brasil*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v.9, n.3, 2001 (no especial: Zoneamento Agrícola) p.422-428.

NOBRE, C.A. *Mudanças climáticas globais: Possíveis impactos nos ecossistemas do País. Parecerias Estratégicas V12*. p.239-258. 2001:

NOBRE C.A., OYAMA, M.D., OLIVEIRA, G. S., MARENGO, J.A., SALATI, E., 2004. Impact of climate change scenarios for 2100 on the biomes of South America. In First International CLIVAR Conference, Baltimore, USA, 21-25 June 2004.

NOBRE, C. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. In: Cadernos Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Nº 3. Mudança do Clima. Vol I. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação do Governo e Gestão Estratégica. 250 pp.2005.

NOBRE, Carlos A; SAMPAIO, Gilvan and SALAZAR, Luis. *Mudanças climáticas e Amazônia*. v. 59, n. 3. pp. 22-27. 2007.

PELLEGRINI, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. *Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil*. Revista Multiciência, 8ªEd. Campinas, 2007.

PEREIRA, A.R.; ANGELLOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia, Fundamentos e Aplicações Práticas*. Guaíba: Agropecuária, 478 p. 2002.

PINTO, H. S., ASSAD, E. D., ZULLO JR., BRUNINI, O., *O Aquecimento Global e a Agricultura*. Revista Eletrônica do Jornalismo Científico, Comciência – SBPC, v. 35, p. 1-6, 2002.

POMPEU, P. V.; COSTA, M. P.; FONTES, M. A. L. ; et al. *Classificação e apresentação dos parâmetros climáticos de Poços de Caldas – MG*. In: III Congresso Latino-americano de Ecologia. São Lorenço, 2009.

PRATES, J.E.; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, H.A. *Clima e produção agrícola*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.138, p.18-22, 1986.

QUINTANA-GOMEZ, R.A. *Trends of maximum and minimum temperatures in Northern South America.*, Journal of Climate. V12: p.2104-2112, 1999.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, José Eduardo B A. *Agrometeorologia dos Cultivos: Informações para uma Agricultura Sustentável*. In: José Eduardo B. A. Monteiro. (Org.). *Agrometeorologia dos Cultivos: O Fator Meteorológico na Produção Agrícola*. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, v. 1, p. 3-12, 2009.

SANTOS, A. R. *Zoneamento Agroclimatológico para a Cultura do Café Conilon (Coffea canephora L.) e Arábica (Coffea arábica L.), na Bacia do Rio Itapemirim, ES*. Dissertação, (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 62p. 1999

SIQUEIRA, O. J. *Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas para Algumas Culturas*. In: Lima, M. A. de, Cabral, O. M. R., Míguez, J. D. G. (Eds.). *Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, pp. 65-96. 2001.

SIVAKUMAR, M.V.K.; GOMMES, R.; BAIER, W. *Agrometeorology and sustainable agriculture*. Agricultural and Forest Meteorology, 103, 11-26, 2000.

ZOLNIER, S., 1994. *Zoneamento Climático, MG*. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG, 12p.