

SUMÁRIO

	Pág.
1. Antecedentes e Objetivos da Pesquisa	01
2. Revisão Bibliográfica	01
3. Metodologia	10
4. Resultados e Discussão	19
5. Conclusões e Considerações Finais	49
Agradecimentos	51
Bibliografia	52
Autores e Colaboradores	56
Anexos	57

**Avaliação Ex-Ante do Impacto de Alterações Climáticas do
Complexo Energético do Rio das Antas sobre a Viticultura Regional**

- Relatório Técnico -

Jorge Tonietto, Lucas da R. Garrido e Olavo Roberto Sônego

1. ANTECEDENTES E OBJETIVOS DA PESQUISA

A concretização do projeto do Complexo Energético do Rio das Antas, formado pelas usinas hidrelétricas Castro Alves, Monte Claro e 14 de Julho, tem gerado questionamentos acerca de possíveis alterações climáticas na região e seus impactos sobre a viticultura regional.

Em reunião realizada na Cooperativa Vinícola Aurora Ltda., em 11 de outubro de 2001, diversas instituições do setor vitivinícola manifestaram o desejo de que a Embrapa Uva e Vinho contribua para a avaliação do impacto de alterações climáticas sobre a viticultura regional.

A demanda justifica-se pela importância que a atividade vitivinícola têm em relação à sócio-economia da região da Serra Gaúcha, responsável por mais de 90% da produção vinícola brasileira, envolvendo mais de 11 mil propriedades vitícolas.

O trabalho de pesquisa apresentado neste relatório objetiva, num primeiro momento, realizar uma avaliação do impacto potencial de alterações climáticas da construção das três usinas hidrelétricas no Vale do Rio das Antas sobre a viticultura regional, através de uma avaliação ex-ante. Em particular, o enfoque do estudo está centrado na avaliação de impactos potenciais sobre o comportamento vitícola, incluindo aspectos de fenologia, incidência de doenças fúngicas e qualidade da uva.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Clima e a Qualidade da Uva e do Vinho

Com base no Sistema de Classificação Climática de Peguy (1970), Tonietto (1999) refere a grande diversidade de tipos de clima em que a viticultura mundial é encontrada: Temperado (Oceânico, Oceânico Quente, Temperado de Transição, Continental, Continental Frio),

Mediterrâneo, Subtropical (Subtropical, Subtropical Continental), Tropical (Atenuado, Tropical), Semi-Árido (margens dos climas áridos), Árido e Hiperárido. Destaca, ainda, que a maior parte da área vitícola destinada à elaboração de vinho está concentrada em regiões de clima do tipo temperado e do tipo mediterrâneo.

A viticultura do Brasil está concentrada em regiões de clima temperado e subtropical (nos dois casos com verão-úmido), bem como em clima tropical (semi-árido).

A qualidade e a tipicidade do vinho depende dos fatores naturais e dos fatores humanos. É sabido que, no plano mundial, a diversidade macroclimática que está presente nas diferentes regiões vitícolas é responsável por uma grande parte da diversidade encontrada em termos de produtos vitícolas, de qualidade e de tipicidade dos vinhos.

Mesmo considerando que a intervenção do homem permite influenciar a qualidade e a tipicidade dos vinhos, o papel dos fatores naturais - dentre os quais está contemplado o clima, é preponderante (Figura 1).

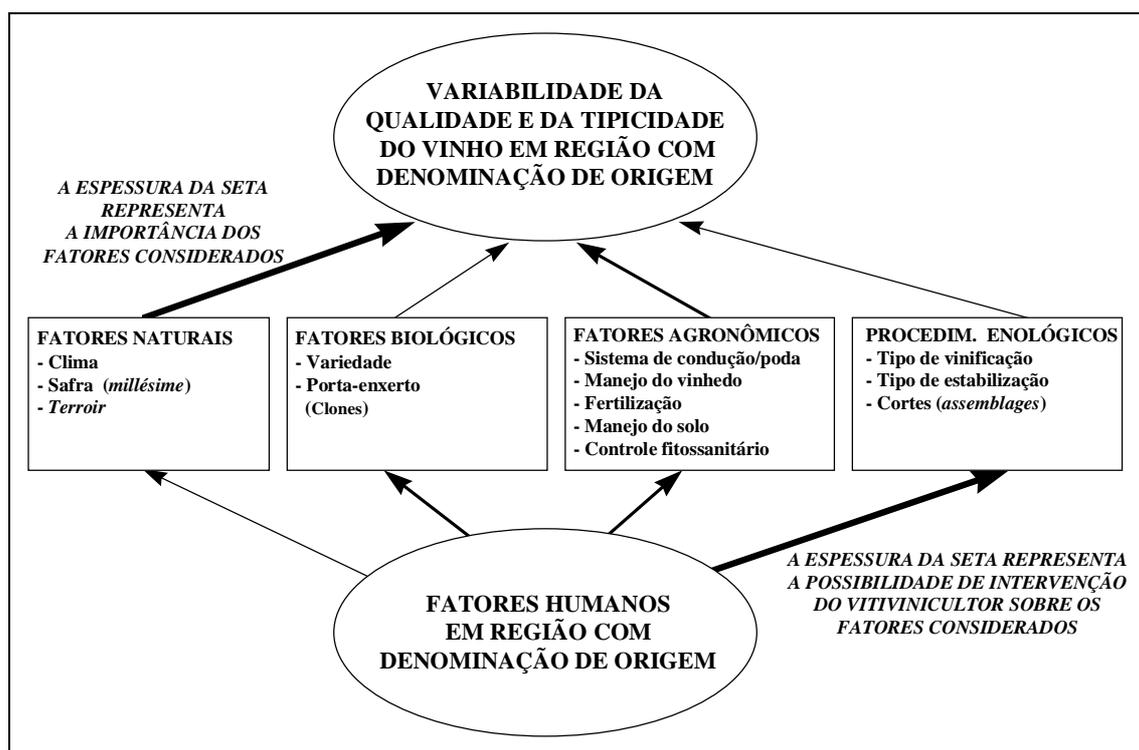


Figura 1. Fatores naturais e fatores humanos que influenciam a qualidade e a tipicidade do vinho em região com denominação de origem e possibilidades de controle humano destes fatores (Morlat e Asselin, 1993, traduzido por Tonietto, J.).

A qualidade da uva é influenciada por diferentes elementos climáticos das regiões vitícolas. Do ponto de vista da maturação da uva, Huglin (1978) desenvolveu estudos que

possibilitaram estabelecer referenciais em relação à exigência das cultivares de videira para se chegar a teores de açúcares na maturação das uvas. É claro que, segundo o tipo de produção, tais exigências poderão ser bastante diversas para uma mesma cultivar. Igualmente, é preciso considerar que ocorrem interações entre cultivares e climas, em particular para o teor de açúcar das uvas. Na Tabela 1 são apresentadas referências sobre as exigências de diferentes cultivares para a obtenção de uvas com teores de açúcares da ordem de 180-200 g/l, segundo os rendimentos e sistemas de condução.

Tabela 1. Exigências das cultivares para um teor de açúcar das uvas da ordem de 180-200 g/l segundo o Índice Heliotérmico de Huglin (IH).

Índice Heliotérmico de Huglin	Cultivares
1.500	Muller-Thurgau, Portugais Bleu
1.600	Pinot Blanc, Pinot Gris, Aligoté, Gamay, Gewurztraminer
1.700	Pinot Noir, Chardonnay, Riesling, Sylvaner, Sauvignon, Melon
1.800	Cabernet Franc, Blaufrankisch
1.900	Cabernet Sauvignon, Chenin Blanc, Merlot, Sémillon, Riesling Itálico
2.000	Ugni Blanc
2.100	Cinsaut, Grenache, Syrah
2.200	Carignan
2.300	Aramon

De uma maneira geral, nas regiões vitícolas frias se elaboram vinhos brancos com características de frescor e acidez, com buquê e aroma intensos. Num outro extremo, estão os vinhos de regiões quentes que são, normalmente, mais alcóolicos e menos persistentes ao paladar. Normalmente estas regiões são adequadas à elaboração de vinhos de sobremesa (Becker, 1977).

Porém, além dos diferentes potenciais térmicos globais das regiões vitícolas, a temperatura ocorrente no período de maturação da uva também afeta a qualidade da uva. A coloração das uvas tintas depende da temperatura. Winkler *et al.* (1974) demonstram que as temperaturas muito baixas ou muito elevadas são associadas a uma fraca coloração. Eles referem a mesma tendência em relação aos polifenóis. Mas é necessário considerar não somente o aspecto do regime térmico global em período de maturação da uva, onde a temperatura média do ar é um bom indicador, mas em particular aquele relativo ao frio noturno, medido pelas temperaturas mínimas do ar em período de maturação. As temperaturas do dia tem um efeito sobre a coloração mas as temperaturas noturnas tem um efeito ainda maior (Kliewer & Torres, 1972;

Kliwer, 1973). Neste sentido, diversos trabalhos, dentre eles o realizado por Tomana *et al.* (1979) mostram um aumento do teor de antocianinas causado por temperaturas noturnas mais baixas. Tonietto & Carbonneau (1998) também demonstram o efeito de diferentes condições topoclimáticas sobre as características organolépticas das uvas na região de Vaucluse, França. Coombe (1987) descreve que a composição em polifenóis da uva apresenta a mesma tendência daquela observada para as antocianinas em relação ao efeito da temperatura.

Outro elemento importante na qualidade da uva é determinado pelo fator hídrico. Nas regiões que apresentam um excedente de precipitação pluviométrica, a maturação da uva é afetada negativamente. Jackson & Cherry (1988) mostram que as regiões com um total de chuvas muito elevado possuem uma capacidade de maturação da uva menor que aquela prevista pelos índices climáticos térmicos aplicados normalmente em viticultura. Por outro lado, Bravdo & Hepner (1987) mostram que o estresse hídrico pode melhorar a qualidade da produção vitícola destinada à elaboração de vinhos. Champagnol (1984) considera que o melhor regime hídrico é aquele que apresenta um déficit hídrico progressivo do solo até a maturação. O envelhecimento da vegetação que ocorre nesta situação está associado a um déficit hídrico moderado, que permite a reidratação parcial da planta durante a noite e no início da manhã, acompanhado da manutenção da fotossíntese.

Maiores elementos sobre a importância e a influência do clima sobre a videira e sobre a qualidade da uva e do vinho são apresentados por Tonietto (1999).

Analisando agora a região da Serra Gaúcha e tomando como referência o município de Bento Gonçalves, a região apresenta o clima vitícola $IS_{00} IH_4 IF_2$ (*úmido, temperado quente, de noites temperadas*), segundo o “Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola” (Tonietto & Carbonneau, 1999). Neste clima vitícola, a disponibilidade heliotérmica possibilita o cultivo de variedades tanto precoces quanto tardias. Por outro lado a região apresenta verões úmidos, o que distingue a Serra Gaúcha do conjunto de regiões em nível mundial. É sabido que tal condição climática apresenta *certas restrições do ponto de vista do controle fitossanitário* ou no tocante ao *nível de maturação das uvas*. Por outro lado, possibilita a obtenção de vinhos, seja brancos, seja tintos, com uma tipicidade própria, distinta daquela obtida na grande maioria de regiões no plano mundial. Embora o clima temperado quente (IH), a condição de clima úmido (IS) favorece a obtenção de uvas para vinhos brancos e para espumantes por apresentarem uma acidez que valoriza os produtos obtidos, observando-se que tal característica não se apresentaria desta forma caso as condições fossem de clima árido. Para os tintos, a tipicidade se caracteriza por vinhos de estrutura e

desenvolvimento aromático moderado, possível ainda de ser incrementado em função dos níveis de maturação da uva, que podem ser atingidos seja pela seleção de *terroirs*, seja por sistemas de sustentação, de condução, de manejo do vinhedo e de vinificação (Tonietto & Carbonneau, 1999).

O clima vitícola da Serra Gaúcha é um elemento importante da tipicidade dos produtos nela elaborados. É ele que essencialmente determina que tais produtos sejam distintos dos elaborados em regiões vitícolas encontradas na Argentina, no Chile, na Espanha, na França, nos Estados Unidos (Califórnia), na Austrália e na África do Sul, para citar alguns exemplos.

Muito embora a Serra Gaúcha apresente elementos globais de identidade do ponto de vista dos fatores naturais, ela é formada por áreas com bastante diversidade do ponto de vista topográfico, edáfico e climático. Um exemplo desta diversidade, em nível dos fatores naturais, foi demonstrada por ocasião da caracterização geográfica de uma sub-região da Serra Gaúcha - o Vale dos Vinhedos (Falcade *et al.*, 1999).

Tal situação implica na existência de diferentes respostas da videira nas diferentes condições de meio geográfico, com a possibilidade de obter-se uma diferenciação a nível das características e da tipicidade dos vinhos elaborados com uva de diferentes *terroirs* (*terroir* aqui definido como sendo, para uma área definida, *o conjunto de fatores naturais* que, pela sua influência sobre a videira, conferem a um produto vinícola uma verdadeira tipicidade e autenticidade; constitui-se num *sistema complexo* no qual diversos fatores interagem e do qual o vinho é a resultante).

Uma análise mesoclimática, efetuada com base em dados coletados em uma rede de postos agrometeorológicos da Embrapa Uva e Vinho (Tabela 2), localizada nos municípios de Bento Gonçalves, Monte Belo do Sul e Garibaldi (localização central em relação ao cultivo de uvas destinadas à elaboração de vinhos finos), com dados diários das safras de 1988 a 1999, é mostrada na Figura 2. A Análise de Componentes Principais (A.C.P.) apresenta, nas componentes principais 1 e 2, 90,5% da variação total. Nela se destacam ao menos três grandes agrupamentos para os locais estudados: a) GA-Embrapa e BG-Pinto Bandeira; b) BG-São Valentin, BG-Paulina, MBS-Pasquali, BG-Vale dos Vinhedos, BG-Embrapa Sede e MBS-Tramontina; e, c) BG-Vale Aurora (Tonietto & Carbonneau, 1999).

MESOCLIMAS (TOPOCLIMAS) DA VITICULTURA NA SERRA GAÚCHA

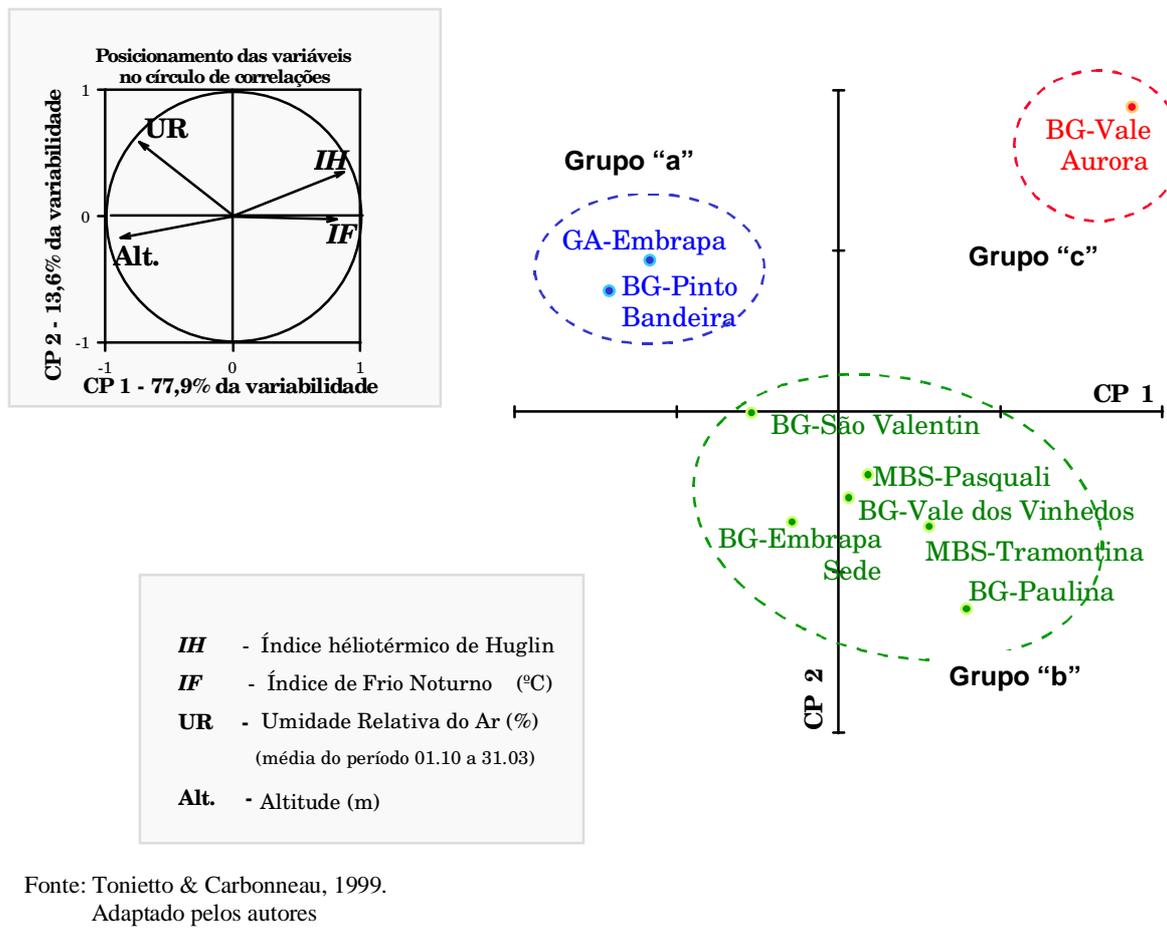


Figura 2. Agrupamentos de locais que caracterizam condições de grande diversidade topoclimática com potencial repercussão sobre a qualidade e a tipicidade dos vinhos elaborados a partir de uvas destas diferentes origens.

Os índices climáticos vitícolas apresentados na Figura 2 (*IH* e *IF*), além da umidade relativa do ar, comprovam a existência de zonas caracterizadas por topoclimas. Eles são determinados pelas diferenças de altitude, dentre outros fatores topográficos também importantes que caracterizam a paisagem, que oscila entre topos de patamares, encostas e fundos de vales, com diferentes declividades e exposições, bem como por fatores ligados à meteorologia determinada pelas massas de ar que atuam na região. O grupo "a" localiza-se nas altitudes mais elevadas (> 680m), com *IH* inferior a 2350 (clima vitícola *temperado quente*) e *IF* igual ou inferior a 16,0 C (clima vitícola *de noites temperadas*); nestas condições a umidade relativa do ar apresenta valores mais elevados - em torno de 78%. O grupo "b" apresenta índices climáticos intermediários. No grupo "c" a altitude é de 220m, o *IH* chega a 3300 (clima vitícola *muito quente*) e o *IF* caracteriza-se por um clima vitícola *de noites quentes*.

Os diferentes agrupamentos, que caracterizam topoclimas distintos, apresentam potencial vitícola e enológico distinto. Pesquisas realizadas com a cultivar Cabernet Franc constataram diferenças no mosto da uva e no vinho proveniente de áreas vitícolas representativas dos grupos "a" e "c" (Miele, 1999). Isto mostra a importância do clima vitícola e, portanto, das diferentes condições topoclimáticas, como elemento de marcada influência na determinação das características e da tipicidade do vinho nas condições de produção da Serra Gaúcha.

Neste contexto de ecossistema onde está inserida a viticultura da região da Serra Gaúcha pode-se verificar a importância do clima, bem como de possíveis implicações sobre o potencial vitícola regional no caso da ocorrência de alterações climáticas a nível de meso escala.

2.2. O Clima na Incidência de Doenças Fúngicas

O hábito de patógenos, que invadem a parte aérea de plantas, é imediatamente e profundamente influenciada pelo tempo. Na epidemiologia de doenças de plantas tempo representa a condição atmosférica atual em um dado local e horário. Patógenos reproduzem-se abundantemente e com as condições ambientais favoráveis espalham-se rapidamente a partir de uma quantidade mínima de inóculo inicial. As epidemias resultantes são frequentemente esporádicas e de duração relativamente curta, mas devastantes (Rotem, 1978).

Os parâmetros atmosféricos usualmente são expressos por médias diárias, mensais ou periódicas. Entretanto, estes valores médios são somente uma função matemática e o desenvolvimento de uma dada doença de plantas depende da frequência da ocorrência de condições ambientais favoráveis e desfavoráveis. A análise e monitoramento destas condições é frequentemente difícil e as diferenças substanciais geralmente ocorrem no limite destas condições.

A habilidade de patógenos sobreviverem durante períodos de condições adversas permitem que os mesmos sejam levados de uma estação de cultivos para outra.

Nas zonas temperadas, a inibição resulta da baixa temperatura reduzindo a taxa do processo de infecção e esporulação. Se a baixa temperatura noturna estender sobre muitas noites, a taxa de desenvolvimento de epidemias será reduzida devido a uma diminuição no número de novos sítios de infecção e conseqüentemente falta de inóculo. Por outro lado, nas zonas quentes, a inibição de epidemias é devido a altas temperaturas que prevalecem durante o dia.

Sob estas condições, a infecção e esporulação não são afetadas, porque a temperatura noturna proporciona condições adequadas para estes processos (Rotem, 1978).

A interação da umidade e temperatura afeta a sobrevivência, germinação, penetração e esporulação de fungos em geral, porém a expansão da lesão no tecido da planta hospedeira é governada basicamente pela temperatura. A umidade e a turbulência do ar interagem para influenciar a dispersão de esporos de fungos. Exceto para os oídios, a maioria dos fungos fitopatogênicos da parte aérea das plantas requerem abundante umidade para completar todos os estádios de infecção. A umidade é geralmente necessária para a germinação da maioria dos esporos. Esporos de alguns fungos não podem sobreviver em condição de baixa umidade durante a germinação. A umidade atmosférica abundante é geralmente menos crítica durante a colonização do tecido da planta hospedeira. Entretanto, a umidade é freqüentemente crítica durante a esporulação. Alta umidade relativa ou água livre é freqüentemente necessária para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas (conídios em conidióforos, conídios em picnídios ou acérvulos, ascospores em peritécios ou apotécios e etc.) (Fry, 1982).

Trabalhos iniciais freqüentemente utilizam horas de alta umidade relativa como um indicador do período de molhamento. Predições baseadas em hora de alta umidade relativa pode indicar um maior risco de infecção do que o contrário (Jones *et al.*, 1980). Na prática, é difícil separar o período de alta umidade relativa iniciada pela chuva ou orvalho das flutuações diurnas normais da umidade. Uma pequena correlação existe entre o período de alta umidade e a duração do molhamento foliar (Jones, 1986).

A precipitação freqüentemente ocorre em gotas simples de 0,2 a 4 mm de diâmetro. O impacto da queda das gotas nas plantas é grande, o que induz à dispersão de esporos de fungos. A água livre, sobre a superfície da folha, pode ter muitos efeitos nos fungos. Pode induzir ou interromper a produção de esporos. Em muitos ascomicetos, os peritécios nas plantas e nos restos culturais começam dispersar os ascospores somente quando o substrato tenha sido molhado completamente por uma precipitação mínima de 0,5 mm (Zadoks & Schein, 1979).

O ambiente físico influencia o desenvolvimento de uma epidemia através dos efeitos nas várias fases específicas do ciclo de vida dos patógenos. Com referência a epidemiologia de doenças de plantas, macroclima tem uma influência não só na planta hospedeira encontradas em uma área geográfica particular, mas também nas doenças desta mesma planta. A doença podridão do caule, causada por *Sclerotium rolfsii*, ocorre em um grande número de espécies

de plantas no Sudeste dos Estados Unidos, mas é raramente encontrada nas mesmas plantas no Norte daquele país, pois o fungo não sobrevive aos invernos rigorosos.

As variáveis meteorológicas de interesse na epidemiologia de doenças de plantas incluem a temperatura, umidade, radiação e vento. Cada uma pode ter profunda influência ambiental ou interativa na iniciação e progresso de uma epidemia. Como o patossistema é um resultado e uma interação complexa biológica-ambiental, vários graus de compensação pode ocorrer nos componentes biológicos em resposta a fatores ambientais específicos (Rotem 1978).

A temperatura é a variável ambiental mais freqüentemente correlacionada com respostas biológicas e sua medição é utilizada nos estudos de epidemias de doenças de plantas (Sutton *et al.*, 1984). A temperatura pode ter um efeito em todos os componentes biológicos de um patossistema de plantas. Pode ser uma força dirigente para o crescimento da planta hospedeira e para o desenvolvimento da doença. Tanto a temperatura do ar quanto a do solo pode influenciar a taxa de crescimento dos patógenos. A temperatura é uma das variáveis fundamentais que governam a taxa de reprodução de nematóides com *Meloidogyne* spp. (Ferris *et al.*, 1984), a maturação de pseudotécios em *Venturia inaequalis*, o patógeno causador da sarna da macieira (James & Sutton, 1982) e a reprodução de *Erwinia amylovora*, o agente causal do “fire blight” (Billing, 1974).

A umidade atmosférica e do solo pode ter profundos efeitos sobre os patógenos de plantas, os vetores e nas plantas hospedeiras. O ciclo de vida da maioria dos patógenos de plantas contém uma ou mais fases que são afetadas pelo estado, forma e energia da água ambiental (Duniway, 1982). O nível de umidade relativa pode ser um fator determinante para o sucesso de fungos que infectam folhas como *Cercospora arachidicola* (Alderman & Beute, 1986) onde uma umidade relativa maior que 95 % é requerida para germinação do esporo e infecção das folhas do amendoim. Muitos míldios liberam os zoósporos dentro da água sobre a superfície foliar, facilitando a dispersão do patógeno e aumento da doença (Campbell & Madden, 1990).

A umidade relativa, molhamento foliar e umidade do solo são as variáveis de umidade mais freqüentemente utilizadas nos estudos epidemiológicos. Molhamento foliar pode ser obtido por orvalho, nevoeiro, gutação, irrigação ou precipitação, afetando a epidemia causada pela maioria dos patógenos foliares e é o elemento chave em muitos sistemas de previsão de doenças. A duração do molhamento da superfície é usualmente a variável de interesse nos estudos epidemiológicos, embora a quantidade e forma (gota, filme) pode também ser de importância (Van der Wal, 1978).

A medição do molhamento de superfície possui várias dificuldades, portanto, cuidados devem ser tomados não somente na fase de medição mas também na interpretação dos dados adquiridos. Na falta de sensores para molhamento foliar, horas de umidade relativa maior que 90 % tem sido utilizado como uma estimativa. Thompson (1981) mostrou que esta predição é inacurada para copas densas como aquelas encontradas nas culturais de grãos. A predição é razoável para densidades médias, como aquelas encontradas nas fruteiras e certos vegetais.

3. METODOLOGIA

Dados climáticos reais que pudessem expressar as alterações climáticas oriundas da construção do Complexo Energético do Rio das Antas somente estariam disponíveis a partir da efetiva construção das usinas hidrelétricas.

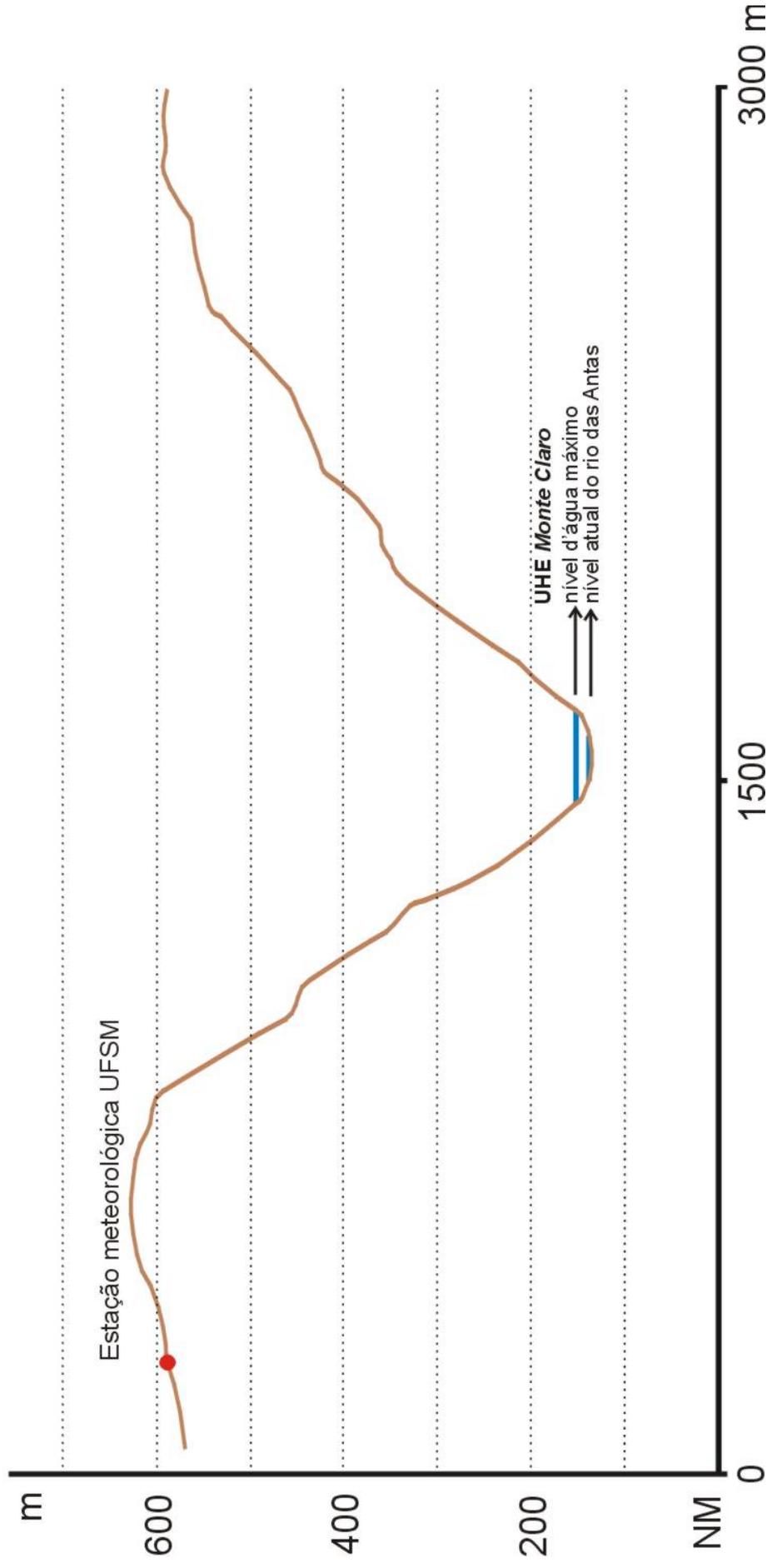
Assim sendo, visando dispor de dados objetivos sobre o impacto das alterações climáticas sobre a viticultura regional, foi gerada uma base de dados meteorológicos através de modelagem numérica, no sentido de possibilitar a realização de um estudo ex-ante do referido impacto.

Tais dados foram gerados sob a responsabilidade técnica do Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, tendo sido repassados à Embrapa Uva e Vinho através de relatório de autoria de Moraes & Acevedo (2002).

No estudo de modelagem numérica foi utilizado o modelo RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System*) em sua versão 4.3., modelo este desenvolvido pela Universidade do Estado do Colorado - Estados Unidos. Tal modelo descreve a evolução do estado dinâmico e termodinâmico da atmosfera a partir de um conjunto de informações iniciais e, segundo os meteorologistas, é considerado o “estado da arte” em modelagem numérica de média escala. O modelo RAMS tem sido adotado amplamente pela comunidade científica internacional por ser aquele que melhor descreve os processos atmosféricos e permite distinguir pequenas diferenças climáticas até mesmo para distâncias horizontais menores que 100 metros.

Objetivando dar maior consistência aos dados gerados, a modelagem deste estudo foi realizada com dados realistas, coletados em experimento de campo realizado na região do Vale do Rio das Antas, em Nova Roma do Sul (Moraes & Acevedo, 2002). O Mapa 1 mostra o perfil topográfico do Vale do Rio das Antas, em Nova Roma do Sul, na localização assinalada no Mapa 2 (perfil topográfico A-B), onde pode ser visualizado o contorno do relevo, a localização da estação meteorológica NRS-Ufsm, o nível de água atual do rio e o

Perfil topográfico do rio das Antas em Nova Roma do Sul



Mapa 1. Perfil topográfico do Vale do Rio das Antas, em Nova Roma do Sul, na posição assinalada no Mapa 2, mostrando: contorno do relevo, localização da estação meteorológica “NRS-Ufsm”, duas altitudes do nível da água - antes e após o enchimento do reservatório da UHE Monte Claro; escala vertical exagerada em 2 vezes; cartografia elaborada pelo Centro de Ecologia da UFRGS.

nível de água máximo após o enchimento do reservatório da UHE Monte Claro. Conforme os autores, este experimento objetivou descrever os efeitos de interação superfície/atmosfera antes e após a construção das barragens, bem como a circulação atmosférica externa e interna ao vale. Assim, foi possível quantificar e verificar se existe, ou não, um efeito climático nas regiões acima do vale por alterações ocorridas no fundo do vale. Neste experimento foram feitas, além das medições usuais, medições de fluxo de calor sensível, fluxo de calor latente e fluxo de calor no solo, utilizados como dados de entrada para o modelo RAMS. Cabe referir que, para o estudo preliminar de modelagem apresentado em 2001, que gerou a modelagem do impacto meteorológico do Complexo Energético do Rio das Antas na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (Moraes *et al.*, 2001), a inicialização do modelo RAMS foi realizada com dados do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do INPE, que refletem basicamente a estatística de um conjunto de estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, espelhando, portanto, uma média de grande escala, menos consistente, portanto, que o estudo atualmente gerado (Moraes & Acevedo, 2002).

No atual estudo, foram gerados dados climáticos para o “Cenário Atual” (CA), que corresponde à situação sem as usinas hidrelétricas. Igualmente, foram gerados dados para o “Cenário Futuro” (CF), que corresponde àquele onde as 3 usinas hidrelétricas – Castro Alves, Monte Claro, 14 de Julho, estivessem implantadas na região. É importante destacar que o Cenário Futuro gerado neste estudo, segundo o responsável técnico Osvaldo L. L. de Moraes, reflete a situação de maior impacto climático potencial a ser causado pelas usinas hidrelétricas, condições estas ocorrentes onde a área alagada é a maior.

Para o CA e CF foram gerados dados climáticos para duas situações distintas: 1 - uma com localização no limite do reservatório, aqui identificada como “Fundo do Vale” (F.V.), com altitude de 174 m; e, 2 - outra para uma situação de “Topo do Vale” (T.V.), com localização aproximada de 416 m superior em altitude e a uma distância horizontal de 102 m em relação à localização da condição de Fundo do Vale (F.V).

A base de dados climáticos gerada por modelagem incluiu as seguintes variáveis climáticas com respectivas unidades de medida e sigla (dados meteorológicos mensais - período de janeiro a dezembro; dados fornecidos pela UFSM) (Moraes & Acevedo, 2002):

- Temperatura média do ar, °C, T;
- Temperatura máxima do ar, °C, Tx;
- Temperatura mínima do ar, °C, Tn;
- Umidade relativa do ar, %, UR;

- Velocidade média do vento, m/s, V;
- Insolação, horas, I;
- Radiação solar, cal/cm², Rg;
- Precipitação pluviométrica, mm, P; e,
- Evapotranspiração potencial, pelo método de Penman, mm, ETP (ETP calculada pela Embrapa).

Também foram gerados dados meteorológicos diários (período de setembro a março) para a:

- evolução da temperatura média do ar (°C) no decorrer do dia;
- evolução da umidade relativa do ar (%) no decorrer do dia; e,
- horário de formação e dissipação de nevoeiro.

Estas duas primeiras variáveis foram fornecidas pela UFSM à Embrapa Uva e Vinho na forma de médias quinzenais, enquanto que a última foi avaliada no primeiro e décimo quinto dia de cada mês.

Além da base de dados acima referida, também foram utilizados dados meteorológicos da base de dados da Embrapa Uva e Vinho, através da seleção de 5 postos agrometeorológicos localizadas em pontos representativos da variabilidade climática regional (Tabela 2), localizados em diferentes altitudes. Para as mesmas, foram calculadas as médias mensais dos últimos 11 anos (1991 a 2001) para as seguintes variáveis: temperatura média do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. Há falta de medições de dados meteorológicos, nos locais previstos para a construção das barragens do Rio das Antas nos 10 últimos anos, para subsidiar a comparação do cenário real e o cenário fruto da modelagem. Por outro lado, observa-se que a variabilidade dos dados climáticos ao longo do espaço nesta região (mesmo considerando as diferenças de altitude), situa-se dentro de uma faixa tolerável para o cultivo da videira e para o desenvolvimento de fitopatógenos. Assim, efetuou-se a comparação desses cenários a fim de verificar se os valores obtidos do Cenário Atual e Futuro estão dentro da faixa citada anteriormente (resultados não significativos) ou em faixa superior ao dos valores do cenário real (resultados significativos), o que favoreceria, de certa forma, o aumento da incidência das doenças na videira. Por meio de uma análise estatística utilizando o teste t unilateral a 5% de probabilidade compararam-se os dados mensais de modelagem numérica do Cenário Atual e do Cenário Futuro (Topo e Fundo do Vale) com as médias mensais do período 1991-2001 (últimos 11 anos) para os 5 postos agrometeorológicos selecionados.

Tabela 2. Conjunto de postos e estações agroclimatológicas da Embrapa Uva e Vinho localizadas na Serra Gaúcha, bem como da estação da UFSM de Nova Roma do Sul, com respectivas coordenadas geográficas e altitudes.

	Postos e Estações Agroclimatológicas	Município	Altitude (m)	Latitude	Longitude
→	BG-Embrapa Sede*	Bento Gonçalves	630	29° 09' 44" S	51° 31' 50" W
	BG-Vale dos Vinhedos	Bento Gonçalves/Vale dos Vinhedos	450	29° 10' 26" S	51° 33' 47" W
→	BG-Vale Aurora*	Bento Gonçalves/Vale Aurora	240	29° 08' 28" S	51° 36' 00" W
→	MBS-Pasquali*	Monte Belo do Sul	540	29° 08' 46" S	51° 37' 40" W
	MBS-Tramontina	Monte Belo do Sul	400	29° 07' 48" S	51° 40' 00" W
	BG-Paulina	Bento Gonçalves/Linha Paulina	520	29° 06' 53" S	51° 35' 23" W
→	BG-São Valentin*	Bento Gonçalves/São Valentin	660	29° 05' 21" S	51° 32' 56" W
→	BG-Pinto Bandeira*	Bento Gonçalves/Pinto Bandeira	725	29° 07' 16" S	51° 26' 44" W
	GA-Embrapa	Garibaldi/Garibaldiina	700	29° 12' 40" S	51° 33' 40" W
	GA-De Lantier	Garibaldi	700	29° 14' 14" S	51° 30' 00" W
	NRS-Ufsm*	Nova Roma do Sul	590	29° 01' 22" S	51° 26' 38" W
→	* Utilizadas como referência para o estudo				

3.1. Avaliação da Fenologia, Potencial Vitícola e Qualitativo da Uva

Para a avaliação do impacto potencial de alterações climáticas do Complexo Energético do Rio das Antas sobre a viticultura regional, foram realizadas comparações da repercussão vitícola considerando o “Cenário Atual” (sem as usinas hidrelétricas) com o “Cenário Futuro” (com a construção das usinas hidrelétricas).

As avaliações estiveram centradas sobre aspectos de fenologia da videira, potencial vitícola e qualitativo da uva, utilizando diversos índices climáticos vitícolas como indicadores bioclimáticos.

Dentre eles, foram calculados os 3 índices do “Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola” (Sistema CCM Geovitícola), desenvolvido por Tonietto (1999), os quais são do tipo hídrico, heliotérmico e nictotérmico (Tabela 3).

Tabela 3. Índices climáticos vitícolas do Sistema CCM Geovitícola.

Índice		
Tipo	Nome	Sigla
Hídrico	Índice de Seca	<i>IS</i>
Heliotérmico	Índice Heliotérmico	<i>IH</i>
Nictotérmico	Índice de Frio Noturno	<i>IF</i>

Estes índices são calculados durante diferentes períodos do ciclo vegetativo da videira. Eles são importantes para a caracterização das potencialidades climáticas de uma região e são fortemente ligados ao potencial qualitativo e às características da uva e dos produtos vinícolas. Os três índices aportam elementos complementares uns aos outros.

As fórmulas dos índices climáticos utilizados são:

- Índice de Seca - IS

Informa da disponibilidade hídrica potencial do solo. A fórmula é essencialmente a proposta por Riou *et al.* (1994), com adaptações que foram incorporadas (Tonietto, 1999):

$$W = W_o + P - T_v - E_s$$

onde,

W = reserva hídrica potencial do solo estimada ao final de um dado período

W_o = reserva hídrica inicial do solo utilizável pela videira

P = precipitação pluviométrica

T_v = transpiração potencial do vinhedo

E_s = evaporação direta a partir do solo

O Índice de Seca – IS é calculado baseado num período de 6 meses, período este de maior interesse para a videira. Os valores de W no momento inicial e final, e as datas inicial e final são aquelas referidas na Tabela 4.

Tabela 4. Período para o cálculo do IS e valores de W.

Momento	Data no Hemisfério Sul	Valor do W
Momento inicial	01 de outubro	W = reserva W _o
Momento final	31 de março	W = IS

Na fórmula acima, T_v e E_s são calculados mês a mês, utilizando:

$$T_v = ETP \cdot k$$

ETP = evapotranspiração potencial (total mensal), utilizando o método de Penman

k = coeficiente de absorção da radiação pelas videiras (a qual está em relação com a transpiração e depende da arquitetura da videira)

$$Es = ETP/N \cdot (1-k) \cdot JPm$$

N = número de dias do mês

JPm = número de dias por mês de efetiva evaporação do solo

(JPm = precipitação pluviométrica mensal em mm/5mm; JPm deve ser menor ou igual ao número de dias do mês).

Valores de k adotados:

- Para o Hemisfério Sul: k= 0,1 para outubro, 0,3 para novembro e 0,5 para os meses de dezembro a março.

W pode ser negativo, para expressar o potencial de déficit hídrico, mas não pode ser maior que W_o . O índice é calculado mês a mês, baseado nos valores mensais de P, ETP, Tv e Es. Chama-se *IS* o valor de W obtido no momento final (31 de março), seguindo as indicações acima e adotando $W_o = 200$ mm.

Além do *IS*, também foi calculada uma variante do balanço hídrico potencial do solo, aqui identificada como $W > 200$ (Índice de Balanço Hídrico), que segue a mesma fórmula adotada para o cálculo do *IS*, utilizando $W_o = 200$ mm para o mês de outubro e o valor do W do final de cada mês (sem o limite superior de 200 mm) como valor de entrada do W_o no cálculo dos meses seguintes (novembro a março), o que faz com que o $W > 200$ possa apresentar valores maiores que W_o .

- Índice Heliotérmico - *IH*

Corresponde ao Índice Heliotérmico de Huglin (Huglin, 1978), que informa do potencial heliotérmico:

$$IH = \sum_{01.10}^{31.03} \frac{[(T - 10) + (Tx - 10)]}{2} \cdot k$$

onde,

T = temperatura média do ar (°C),

Tx = temperatura máxima do ar (°C),

k = coeficiente *comprimento do dia* igual a 1,0 para as latitudes da Serra Gaúcha.

Obs.: O período para cálculo do *IH* no Hemisfério Sul está compreendido entre 01.10 a 31.03.

- Índice de Frio Noturno – *IF*

O índice informa das condições nictotérmicas, indicativas para o período de maturação da uva. A formula é a proposta por Tonietto (1999):

$$IF = Tn_3$$

onde,

Tn_3 = temperatura mínima do ar do mês de março no Hemisfério Sul (média das mínimas), em °C.

O cálculo das condições nictotérmicas durante o período de maturação da uva também é importante para complementar as informações relativas ao *IF*.

Nos Anexos 1, 2 e 3 são apresentados, para cada índice climático vitícola - *IS*, *IH* e *IF*, do Sistema CCM Geovitícola, os elementos que permitem a interpretação dos resultados. Nos referidos anexos são encontrados, além das classes do clima vitícola, a sigla, o intervalo de classe respectivo, bem como a interpretação das classes (Tonietto & Carbonneau, 2000).

- Outros Índices

Também foi calculado o Frio Noturno (FN), para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, que correspondem a meses de interesse vitícola, pois são indicativos para as condições nictotérmicas de maturação de variedades de diferentes níveis de precocidade.

Outro índice calculado foi o da Amplitude Térmica mensal (AT) em período de maturação da uva (meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março), que corresponde à diferença entre as temperaturas máximas e mínimas, expressa em °C.

Igualmente, foi utilizado como índice climático vitícola de ciclo vegetativo, a Soma Térmica (ST), expressa em graus-dia, com base em temperaturas superiores a 10 °C, calculada sobre o período de brotação à colheita da uva, tomando-se como referência a cultivar Cabernet Sauvignon.

3.2. Avaliação do Impacto Potencial sobre a Incidência de Doenças Fúngicas

Com base nas modificações do ambiente (clima) e conhecendo-se as condições favoráveis para a infecção de videiras pelos fungos das seguintes espécies: *Plasmopara viticola*, *Elsinoe ampelina*, *Phomopsis viticola*, *Botrytis cinerea* e *Glomerella cingulata*, causadores do míldio, antracnose, escoriose, podridão cinzenta da uva e podridão da uva madura, respectivamente, foi avaliado o impacto destes agentes causais com a mudança do Cenário Atual (sem as usinas hidrelétricas) para o Cenário Futuro (com as usinas hidrelétricas).

3.3. Geração de Mapas Geoprocessados da Área Geográfica das Usinas Hidrelétricas

Cartas geoprocessadas foram geradas junto ao Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, sob a coordenação do Professor Heinrich Hasenack. Foram gerados mapas de localização da área geográfica das usinas hidrelétricas, perspectivas tridimensionais para cada usina hidrelétrica e perfil topográfico do Vale do Rio das Antas. A metodologia utilizada está descrita na seqüência:

Mapa de Perfil Topográfico (Mapa 1): através de rotinas presentes no software Idrisi, foi extraído do modelo numérico do terreno um perfil topográfico do Vale do Rio das Antas, na altura da estação NRS - Ufsm. O perfil foi levado ao software CorelDraw onde foi escalonado. A escala vertical está exagerada em 2 vezes. Sobre o perfil foi localizada a estação meteorológica e as duas altitudes do nível da água: antes e após o enchimento do reservatório da UHE Monte Claro.

Mapa de Localização (Mapa 2): o mapa de localização foi construído a partir de base digital georreferenciada fornecida pela CERAN em formato .dwg, no sistema de coordenadas UTM. A conversão para formato compatível ao CartaLinx (Clark Labs) foi realizada com o software FME (Safe Software). Após edição do mapa foram extraídos os planos de informação rede de drenagem - linhas e polígonos, reservatórios das UHE, rede viária e manchas urbanas. Para localização das estações meteorológicas utilizaram-se as coordenadas geográficas da Tabela 2. Estas coordenadas geográficas foram convertidas em coordenadas UTM com o software CartaLinx, de modo que pudessem ser superpostas à base cartográfica. Também foi adicionada à base cartográfica uma referência aos demais mapas do relatório: os retângulos envolventes relativos às perspectivas tridimensionais do relevo no entorno das UHE e a posição do perfil topográfico no rio das Antas, na altura da estação meteorológica NRS-Ufsm. Todos estes planos de informação foram exportados do CartaLinx individualmente através de

arquivo .wmf. Estes arquivos foram então importados no software CorelDraw (Corel) para elaboração de layout final.

Mapas de Perspectivas Tridimensionais (Mapas 3, 4 e 5): para a construção das perspectivas tridimensionais tomaram-se, da base cartográfica da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, as curvas de nível com sua respectiva altitude, em meio digital, em formato compatível com o software Idrisi (Clark Labs). Através de rotinas de interpolação TIN foi gerado um modelo numérico do terreno (MNT) para a janela de coordenadas correspondente ao mapa de localização. Sobre este mapa foi adicionada uma máscara relativa à altitude do espelho d'água de cada um dos reservatórios das UHE: 104 m acima do nível do mar para a UHE 14 de Julho; 148 m acima do nível do mar para a UHE Monte Claro; e, 240 m acima do nível do mar para a UHE Castro Alves. Deste modelo foram posteriormente extraídas mapas menores, de igual tamanho, contendo cada um dos reservatórios das UHE: 14 de Julho, Monte Claro e Castro Alves. A perspectiva tridimensional foi então gerada a partir de dois planos de informação. O primeiro gerou o relevo e o segundo plano é o mesmo relevo transformado em classes de cores para facilitar a visualização do gradiente de relevo. Todas as perspectivas partem de um observador avistando cada uma das áreas de uma altura angular de 40°, em direção ao azimute 50° (aproximadamente nordeste) e um exagero vertical de 0,25, o qual permite um exagero proporcional ao relevo da região. Cada modelo foi exportado ao software Corel no qual foram adicionados a orientação, a escala e alguns topônimos.

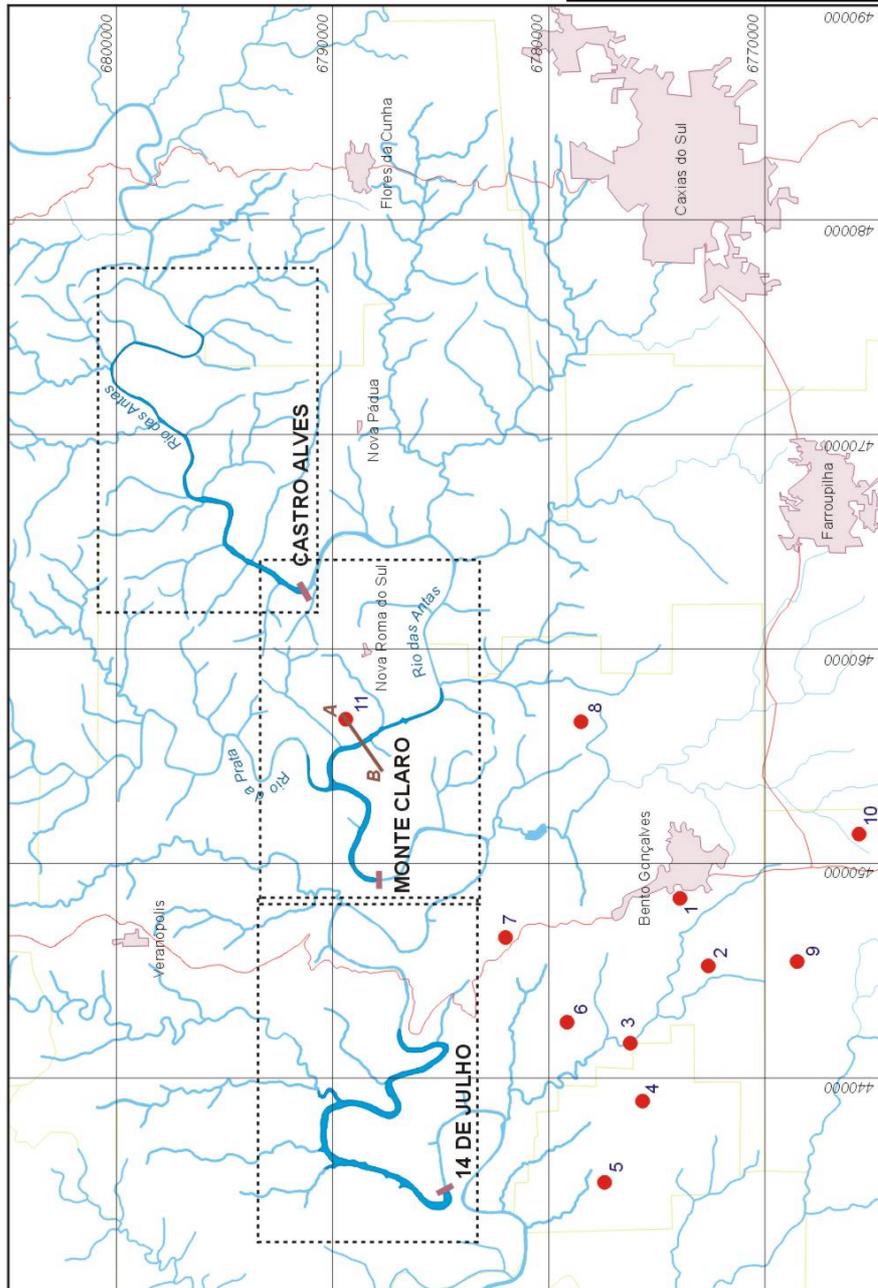
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Mapa 2 apresenta a região do Vale do Rio das Antas com a localização das usinas hidrelétricas 14 de Julho, Monte Claro e Castro Alves, do Complexo Energético do Rio das Antas. No referido mapa estão localizadas as UHE, as cidades, a hidrografia, algumas rodovias, os limites municipais, a posição das estações meteorológicas utilizadas no estudo, o perfil topográfico em Nova Roma do Sul junto à estação meteorológica da UFSM, bem como os contornos das perspectivas tridimensionais apresentadas nos Mapas 3, 4 e 5.

Os Mapas 3, 4 e 5 apresentam, através de perspectiva tridimensional, a geomorfologia no entorno das usinas Castro Alves, Monte Claro e 14 de Julho, respectivamente, bem como os pontos de barramento.

Os resultados de modelagem climática apresentados neste relatório foram gerados a partir de um estudo desenvolvido na região, pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

Localização das usinas hidroelétricas e estações meteorológicas



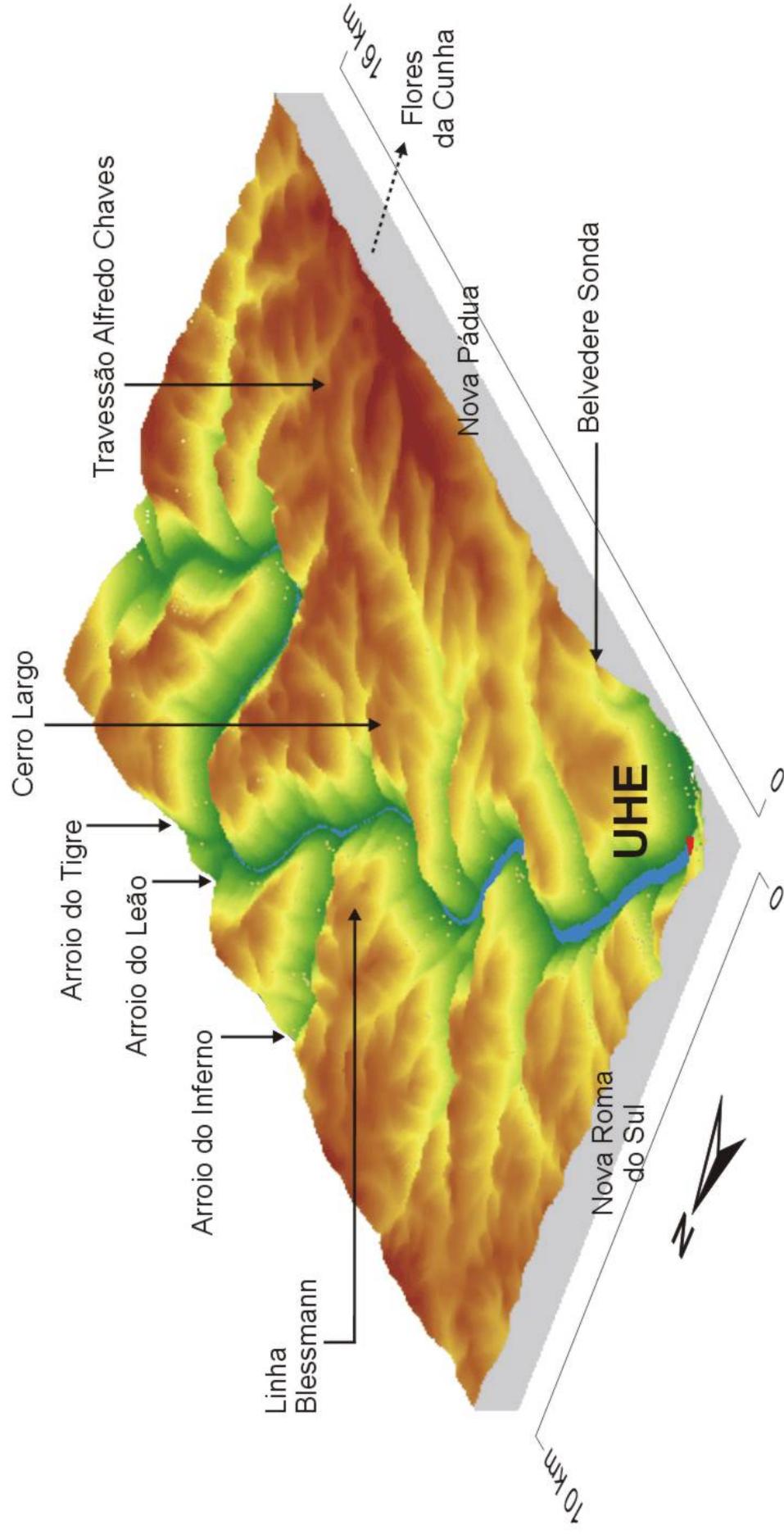
- **Estações meteorológicas**
 - 1- BG - Embraça Sede
 - 2- BG - Vale dos Vinhedos
 - 3- BG - Vale Aurora
 - 4- MBS - Pasquali
 - 5- MBS - Tramontina
 - 6- BG - Paulina
 - 7- BG - São Valentin
 - 8- BG - Pinho Bendeira
 - 9- GA - Embraça
 - 10- GA - De Lantier
 - 11- NRS - Ufsm
- **UHE**
 - Hidrografia
 - Rodovias
 - Limite municipais
 - Perfil topográfico
 - Perspectivas tridimensionais

Mapa 2
Região do Vale do Rio das Antas com a localização das usinas hidroelétricas 14 de Julho, Monte Claro e Castro Alves, do Complexo Energético do Rio das Antas; barragens, cidades, hidrografia, rodovias, limites municipais, estações meteorológicas, perfil topográfico em Nova Roma do Sul tridimensionais (Mapas 3, 4 e 5); cartografia temática elaborada pelo Centro de Ecologia da UFRGS.

Projeção UTM, datum horizontal Corrego Alegre
Origem da escaletagem UTM: Equador e meridiano
respectivamente.
Base cartográfica: cartas em escala 1:63.000 da Diretoria
do Serviço Geográfico do Exército, 1980.
Cartografia temática: Heinrich Haenack, Eliana C.
Sarmiento e José L. P. Cordello.

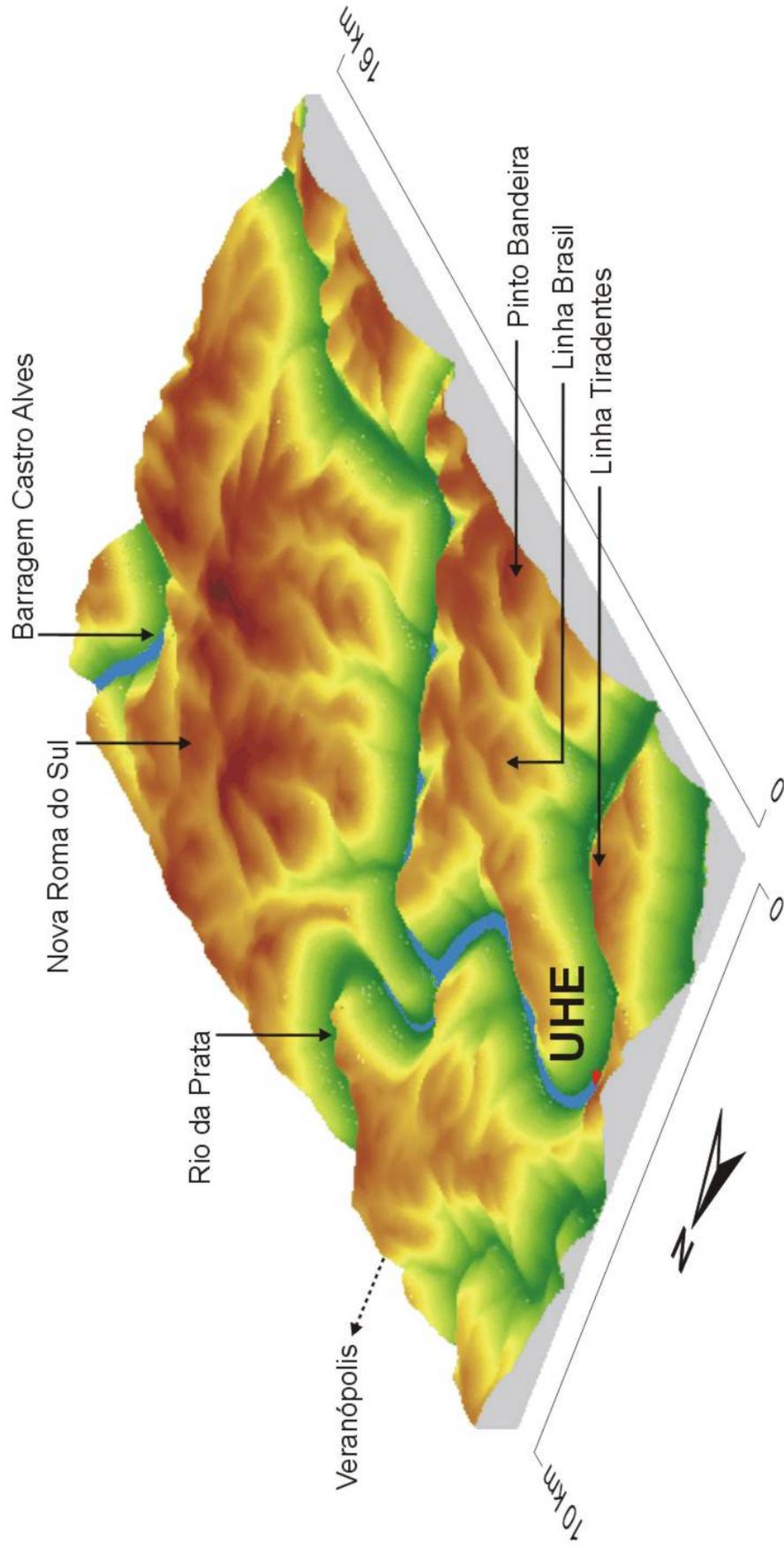
2002

Perspectiva tridimensional do relevo no entorno da UHE Castro Alves.



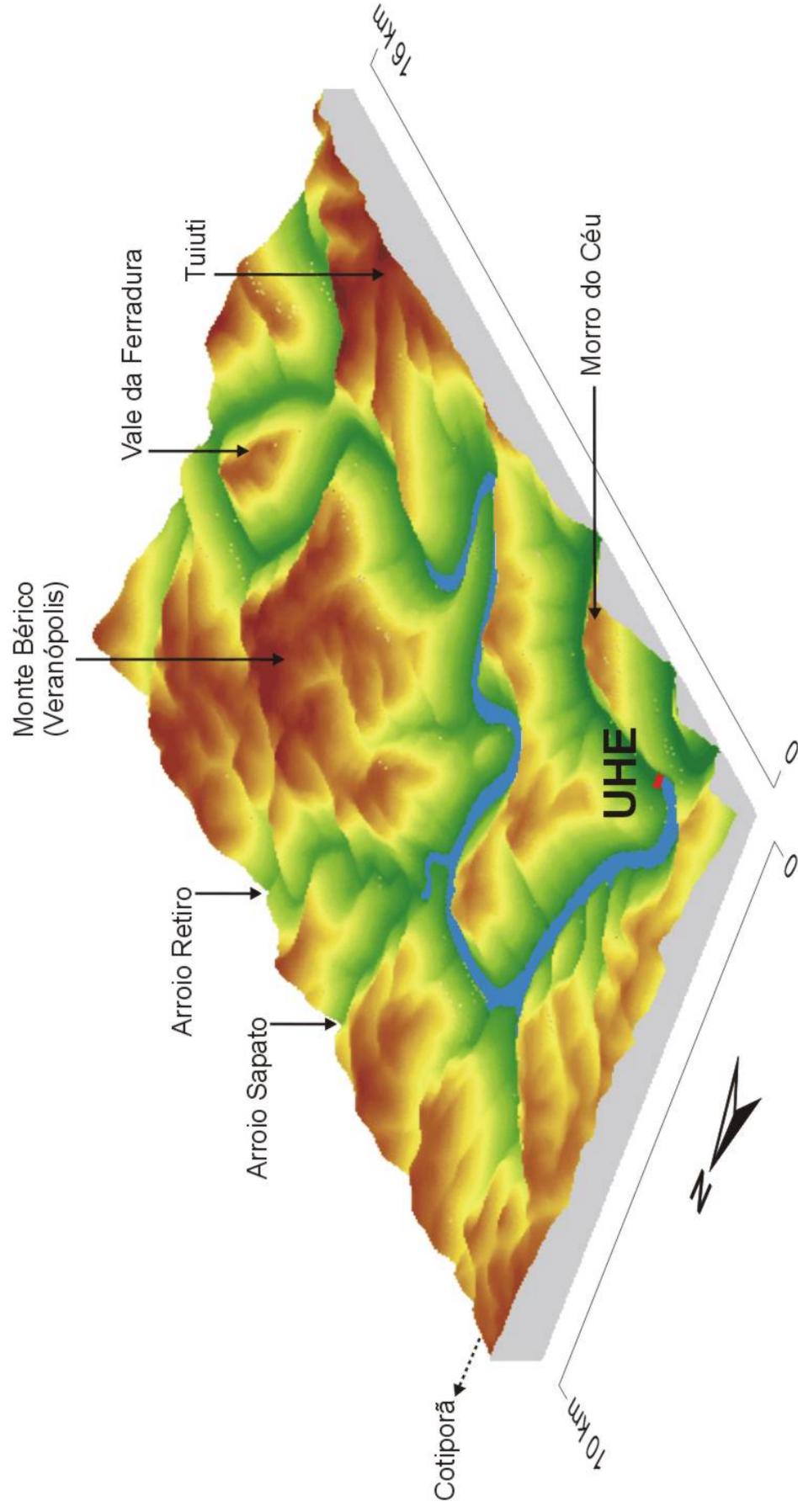
Mapa 3. Perspectiva tridimensional do relevo no entorno da UHE Castro Alves: localização da barragem, vista do Rio das Antas após a construção da usina e topônimos regionais; cartografia elaborada pelo Centro de Ecologia da UFRGS.

Perspectiva tridimensional do relevo no entorno da UHE Monte Claro.



Mapa 4. Perspectiva tridimensional do relevo no entorno da UHE Monte Claro: localização da barragem, vista do Rio das Antas após a construção da usina e topônimos regionais; cartografia elaborada pelo Centro de Ecologia da UFRGS.

Perspectiva tridimensional do relevo no entorno da UHE 14 de Julho.



Mapa 5. Perspectiva tridimensional do relevo no entorno da UHE 14 de Julho: localização da barragem, vista do Rio das Antas após a construção da usina e topônimos regionais; cartografia elaborada pelo Centro de Ecologia da UFRGS.

Segundo o responsável técnico pelo estudo – Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, o referido estudo foi iniciado em novembro de 2001, tendo envolvido, em sua primeira fase, um experimento meteorológico no qual todas as variáveis de interesse foram amostradas com altíssima frequência, tendo possibilitado o conhecimento sistemático de todas as forçantes climáticas importantes, tais como balanço térmico, balanço hídrico e balanço radiativo. Estes componentes foram então usados em um modelo matemático (RAMS) que representa o estado da arte em meteorologia e climatologia, conforme atestam diversos autores (Pielke, 1992; Avissar & Chen, 1993; Kessler, 1985; Tremback, 1990). Ainda segundo o responsável técnico pelo estudo – Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, as simulações indicaram que as alterações nos campos de temperatura e umidade relativa do ar, a serem causadas pelo Complexo Energético do Rio das Antas, se ocorrerem, serão insignificantes e estarão restritas às regiões internas das encostas do rio (Moraes e Acevedo, 1992). A uma distância de 500 metros do reservatório (aproximadamente no limite do vale), por exemplo, as variações nos índices de temperatura e umidade são tão pequenas que, segundo o responsável técnico, podem ser resultantes apenas do processo computacional, não tendo relação alguma com o efeito antropogênico.

Segundo o responsável técnico pelo estudo de modelagem climática – Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, considerando os dados meteorológicas disponíveis no momento, os quais tem sido coletados na região da Serra Gaúcha pela UFSM (Moraes, 2002), tais dados, quando comparados com os resultados obtidos por simulação para o Cenário Atual, validam o modelo.

A modelagem climática realizada gerou a base de dados climáticos que está apresentada na Tabela 5 (Cenário Atual – Fundo do Vale), Tabela 6 (Cenário Futuro – Fundo do Vale), Tabela 7 (Cenário Atual – Topo do Vale) e Tabela 8 (Cenário Futuro – Topo do Vale), para o conjunto de variáveis climáticas: T, Tn, Tx, UR, P, I, Rg, V e ETP.

Observa-se que a modelagem não detecta mudança climática para as variáveis insolação (I), radiação solar (Rg) e velocidade média do vento (V), entre o Cenário Atual e o Cenário Futuro, tanto no Fundo do Vale quanto no Topo do Vale (Tabelas 5 a 8).

Por outro lado, ao longo do ano, são observadas mudanças entre o Cenário Atual e o Cenário Futuro para a variável precipitação pluviométrica (P), em igual intensidade tanto para o Fundo quanto para o Topo do Vale (Tabelas 5 a 8; Figura 3).

Tabela 5. Dados climáticos mensais gerados através de modelagem numérica representando o Cenário Atual – Fundo do Vale do Rio das Antas, para o conjunto de variáveis climáticas (Moraes & Acevedo, 2002).

MÊS	Tn (°C)	Tx (°C)	T (°C)	P (mm)	UR (%)	I (horas)	Rg (cal/cm2)	V (m/s)	ETP Penman*
Janeiro	16,2	27,6	23,3	135	72,9	250	15128	2,5	151,4
Fevereiro	16,3	27,9	23,1	139	74,6	230	12600	2,3	136,0
Março	14,9	26,4	21,9	130	75,5	205	11718	2,8	114,9
Abril	11,3	23,0	17,6	105	77,0	195	9450	3,1	82,6
Mai	9,0	21,1	15,2	130	81,1	170	7099	3,0	53,1
Junho	6,8	17,9	12,1	190	82,0	140	5940	3,0	39,8
Julho	7,5	18,8	12,4	185	82,7	165	6386	2,9	42,2
Agosto	8,1	19,4	13,8	144	79,1	180	7409	2,3	55,4
Setembro	9,3	21,0	15,1	165	73,6	190	9870	2,5	83,5
Outubro	11,3	23,3	17,9	160	73,2	200	12431	2,0	106,0
Novembro	12,5	24,3	19,1	150	71,9	220	13890	1,9	125,1
Dezembro	15,2	27,4	22,1	150	71,3	240	15221	1,8	142,7
Média anual	11,5	23,2	17,8		76,2			2,5	
Total anual				1783		2385	127142		1132,6

* Dados calculados pela Embrapa Uva e Vinho com base nos dados de T, UR, Rg e V da modelagem numérica.

Tabela 6. Dados climáticos mensais gerados através de modelagem numérica representando o Cenário Futuro – Fundo do Vale do Rio das Antas, para o conjunto de variáveis climáticas (Moraes & Acevedo, 2002).

MÊS	Tn (°C)	Tx (°C)	T (°C)	P (mm)	UR (%)	I (horas)	Rg (cal/cm2)	V (m/s)	ETP Penman*
Janeiro	16,3	27,5	23,2	136	73,6	250	15128	2,5	150,2
Fevereiro	16,4	27,7	23,0	140	75,3	230	12600	2,3	135,0
Março	14,9	26,4	21,9	131	76,2	205	11718	2,8	114,1
Abril	11,3	23,0	17,6	105	77,7	195	9450	3,1	81,8
Mai	9,1	21,0	15,4	130	81,8	170	7099	3,0	52,7
Junho	7,0	17,9	12,2	190	82,7	140	5940	3,0	39,2
Julho	7,5	18,8	12,4	185	83,4	165	6386	2,9	41,5
Agosto	8,1	19,4	13,8	144	79,8	180	7409	2,3	54,7
Setembro	9,3	21,0	15,1	165	74,3	190	9870	2,5	82,8
Outubro	11,3	23,3	18,0	160	73,9	200	12431	2,0	105,7
Novembro	12,6	24,3	19,1	151	72,6	220	13890	1,9	124,5
Dezembro	15,4	27,3	22,2	151	72,0	240	15221	1,8	142,6
Média anual	11,6	23,1	17,8		76,9			2,5	
Total anual				1787		2385	127142		1124,8

* Dados calculados pela Embrapa Uva e Vinho com base nos dados de T, UR, Rg e V da modelagem numérica.

Tabela 7. Dados climáticos mensais gerados através de modelagem numérica representando o Cenário Atual – Topo do Vale do Rio das Antas, para o conjunto de variáveis climáticas (Moraes & Acevedo, 2002).

MÊS	Tn (°C)	Tx (°C)	T (°C)	P (mm)	UR (%)	I (horas)	Rg (cal/cm ²)	V (m/s)	ETP Penman*
Janeiro	16,0	27,4	23,1	135	72,1	250	15128	2,5	151,4
Fevereiro	16,4	27,6	22,8	139	73,8	230	12600	2,3	135,6
Março	14,9	26,2	21,7	130	74,5	205	11718	2,8	115,3
Abril	11,3	23,0	17,5	105	75,3	195	9450	3,1	84,3
Mai	9,1	21,0	15,2	130	79,0	170	7099	3,0	55,5
Junho	7,0	18,0	12,3	190	78,9	140	5940	3,0	43,4
Julho	7,9	19,0	12,5	185	79,2	165	6386	2,9	46,1
Agosto	8,1	19,5	13,8	144	77,3	180	7409	2,3	57,1
Setembro	9,3	21,0	15,0	165	72,3	190	9870	2,5	84,5
Outubro	11,2	23,2	17,8	160	72,0	200	12431	2,0	106,7
Novembro	12,3	24,1	19,0	150	70,8	220	13890	1,9	125,6
Dezembro	15,0	27,0	21,9	150	70,5	240	15221	1,8	142,6
Média anual	11,5	23,1	17,7		74,6			2,5	
Total anual				1783		2385	127142		1147,9

* Dados calculados pela Embrapa Uva e Vinho com base nos dados de T, UR, Rg e V da modelagem numérica.

Tabela 8. Dados climáticos mensais gerados através de modelagem numérica representando o Cenário Futuro – Topo do Vale do Rio das Antas, para o conjunto de variáveis climáticas (Moraes & Acevedo, 2002).

MÊS	Tn (°C)	Tx (°C)	T (°C)	P (mm)	UR (%)	I (horas)	Rg (cal/cm ²)	V (m/s)	ETP Penman*
Janeiro	16,2	27,3	23,0	136	72,4	250	15128	2,5	150,6
Fevereiro	16,5	27,5	22,9	140	74,1	230	12600	2,3	135,7
Março	14,9	26,2	21,7	131	74,8	205	11718	2,8	115,0
Abril	11,3	23,0	17,5	105	75,6	195	9450	3,1	84,0
Mai	9,1	21,0	15,3	130	79,3	170	7099	3,0	55,3
Junho	7,1	17,9	12,5	190	79,2	140	5940	3,0	43,4
Julho	7,9	19,0	12,6	185	79,5	165	6386	2,9	45,9
Agosto	8,1	19,5	13,8	144	77,6	180	7409	2,3	56,8
Setembro	9,3	21,0	15,0	165	72,6	190	9870	2,5	84,2
Outubro	11,2	23,2	17,8	160	72,3	200	12431	2,0	106,4
Novembro	12,4	24,1	18,9	151	71,1	220	13890	1,9	125,1
Dezembro	15,2	26,9	21,8	151	70,8	240	15221	1,8	141,9
Média anual	11,6	23,1	17,7		74,9			2,5	
Total anual				1787		2385	127142		1144,3

* Dados calculados pela Embrapa Uva e Vinho com base nos dados de T, UR, Rg e V da modelagem numérica.

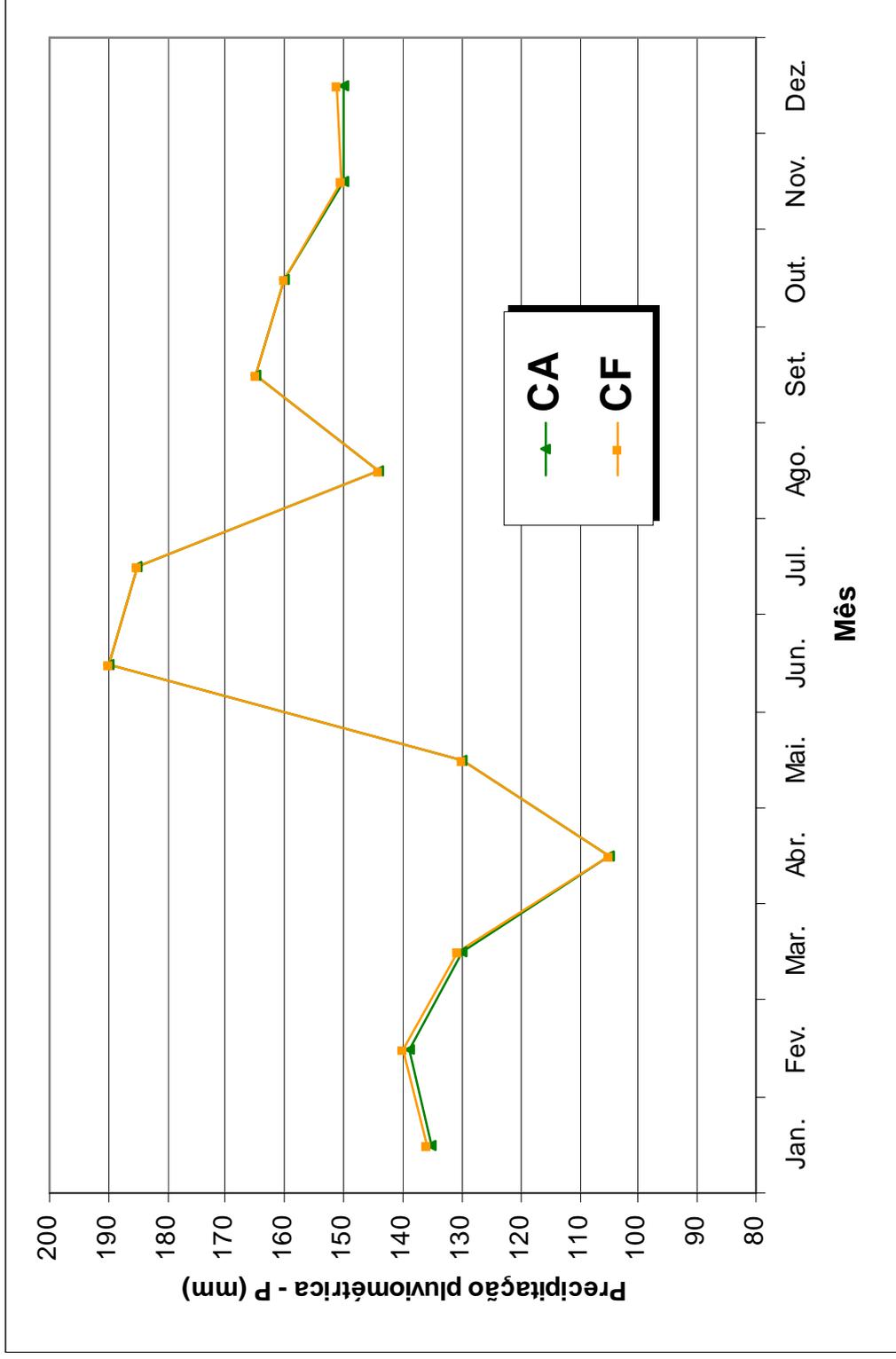


Figura 3. Evolução da precipitação pluviométrica mensal – P (mm) para o Cenário Atual (CA) e para o Cenário Futuro (CF) no Vale do Rio das Antas; dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

Já para as variáveis temperatura média do ar (T), temperatura máxima do ar (Tx), temperatura mínima do ar (Tn) e umidade relativa do ar (UR) são detectadas mudanças climáticas entre o Cenário Atual e o Cenário Futuro (Tabelas 5 a 8), bem como diferenças para os 2 cenários, seja no Fundo do Vale (Figuras 4 a 7), seja no Topo do Vale (Tabelas 5 a 8).

Em relação à temperatura média do ar e à umidade relativa do ar, as Figuras 8 e 9 ilustram, respectivamente, a evolução espacial de incremento em função da distância do limite do reservatório, conforme dados elaborados por Moraes & Acevedo (2002). Observa-se que os incrementos tendem a zero à medida que aumenta a distância do limite do reservatório.

4.1. Impactos Potenciais sobre a Fenologia, Potencial Vitícola e Qualitativo da Uva

Os impactos potenciais sobre a qualidade da uva foram avaliados do ponto de vista bioclimático, considerando-se quatro componentes: 1 - data de colheita da uva como uma componente do ciclo vegetativo da videira; 2 - perfil bioclimático relativo ao potencial heliotérmico; 3- perfil nictotérmico de maturação; e, 4 - disponibilidade hídrica da videira durante o ciclo.

4.1.1. Fenologia: Data de Colheita

A data de colheita da uva pode ser estimada através da Soma Térmica (ST) superior a 10°C (valor expresso em graus-dia), ocorrida a partir da data de brotação da videira. Para este estudo, foi realizada uma simulação baseada na Soma Térmica média necessária para o período compreendido entre a data de brotação da videira e a data de colheita da uva da cultivar Cabernet Sauvignon, que necessita de 1.531 graus-dia para atingir a maturação na região de Bento Gonçalves (Fonte: Tonietto, J. – Ensaio Internacional de Ecologia Vitícola). Estimou-se a data de colheita considerando como data de brotação o dia 01 de outubro.

As Tabelas 9 a 12, bem como as Figuras 10 e 11 mostram a evolução dos graus-dia a partir da data teórica de brotação (01 de outubro).

Verifica-se que a ST de 1.531 graus-dia é atingida no dia 20 de fevereiro no Topo do Vale – para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (Figura 11).

Já para o Fundo do Vale, o qual apresenta temperaturas mais elevadas em relação ao Topo do Vale, a ST de 1.531 graus-dia é atingida no dia 18 de fevereiro para o Cenário Atual e no dia 17 de fevereiro para o Cenário Futuro (Figura 10).

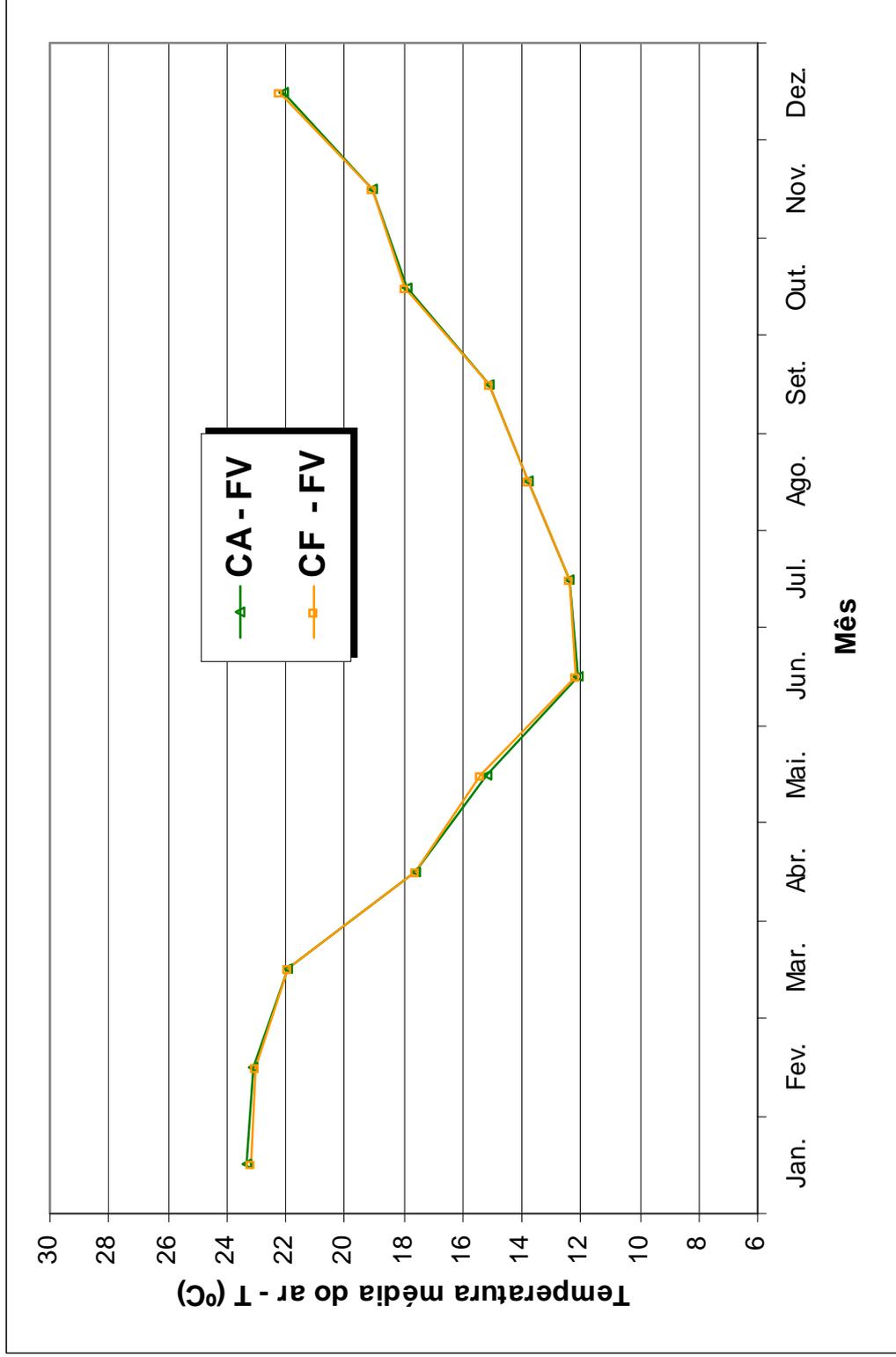


Figura 4. Evolução mensal da temperatura média do ar - T (°C) para o Cenário Atual (CA) e para o Cenário Futuro (CF) no Fundo do Vale (F.V.) do Rio das Antas; dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

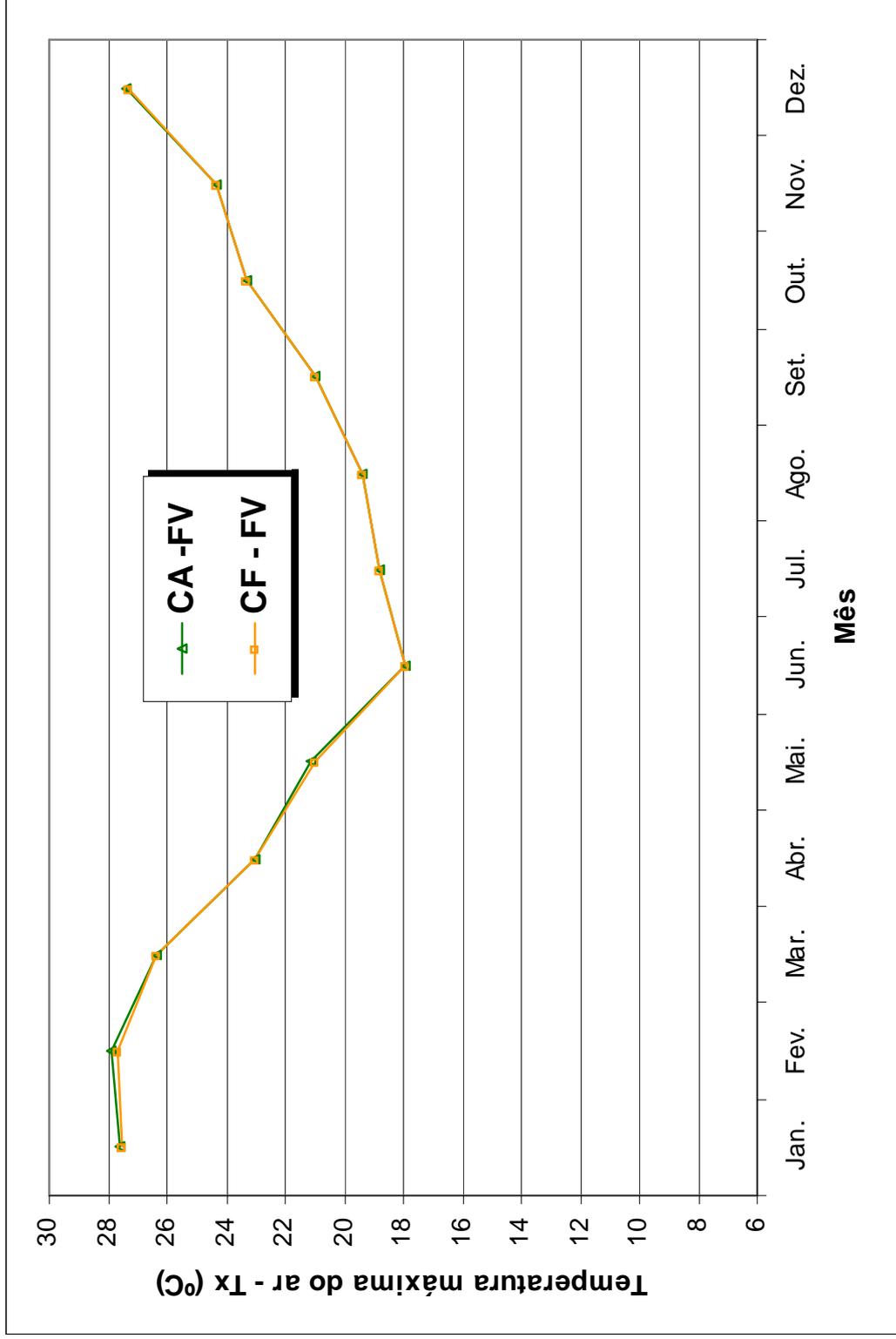


Figura 5. Evolução mensal da temperatura máxima do ar – Tx (°C) para o Cenário Atual (CA) e para o Cenário Futuro (CF) no Fundo do Vale (F.V.) do Rio das Antas; dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

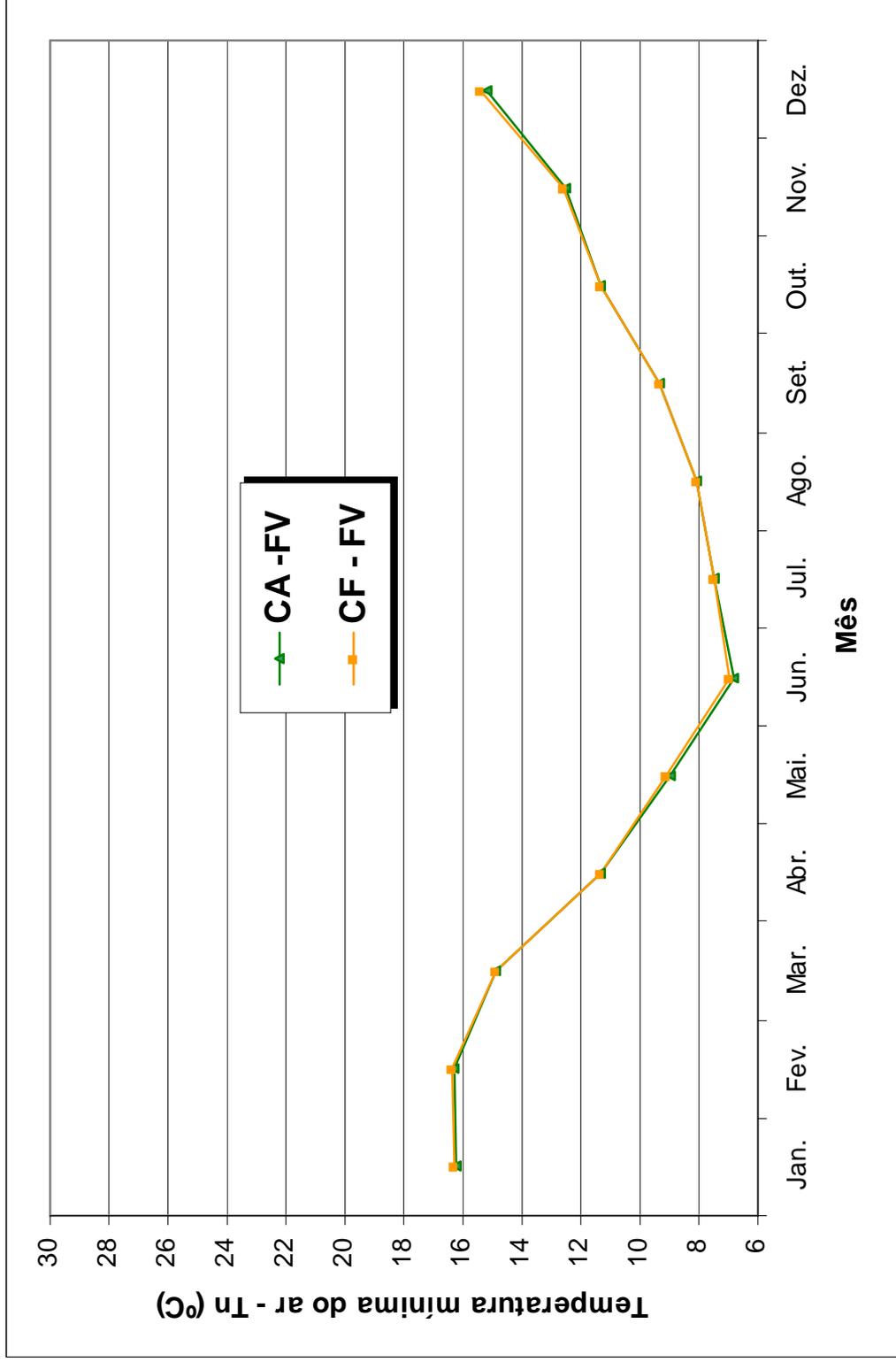


Figura 6. Evolução mensal da temperatura mínima do ar - T_n (°C) para o Cenário Atual (CA) e para o Cenário Futuro (CF) no Fundo do Vale (F.V.) do Rio das Antas; dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

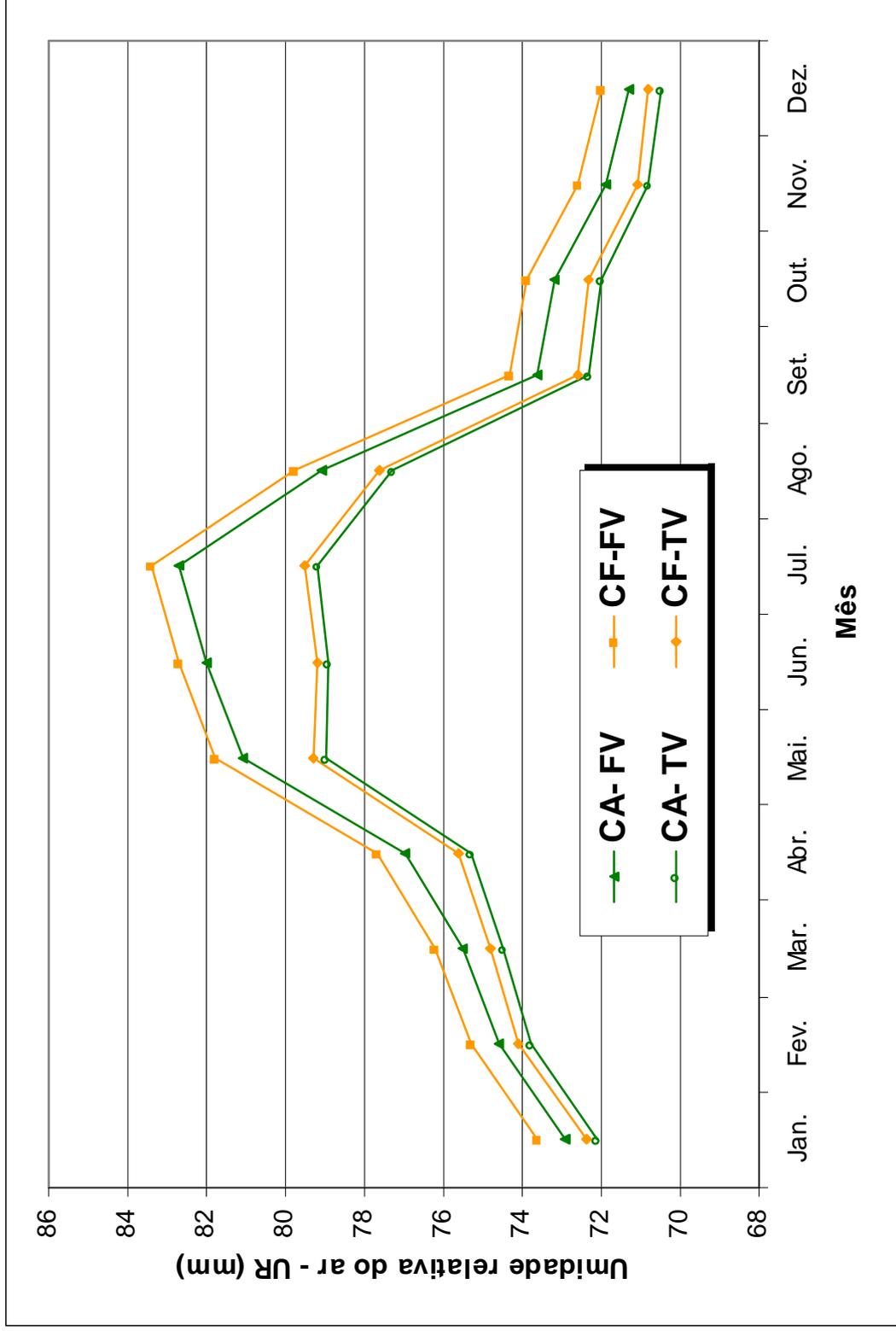


Figura 7. Evolução mensal da umidade relativa do ar - UR (%) para o Cenário Atual (CA) e para o Cenário Futuro (CF) no Fundo do Vale (F.V.) e no Topo do Vale do Rio das Antas; dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

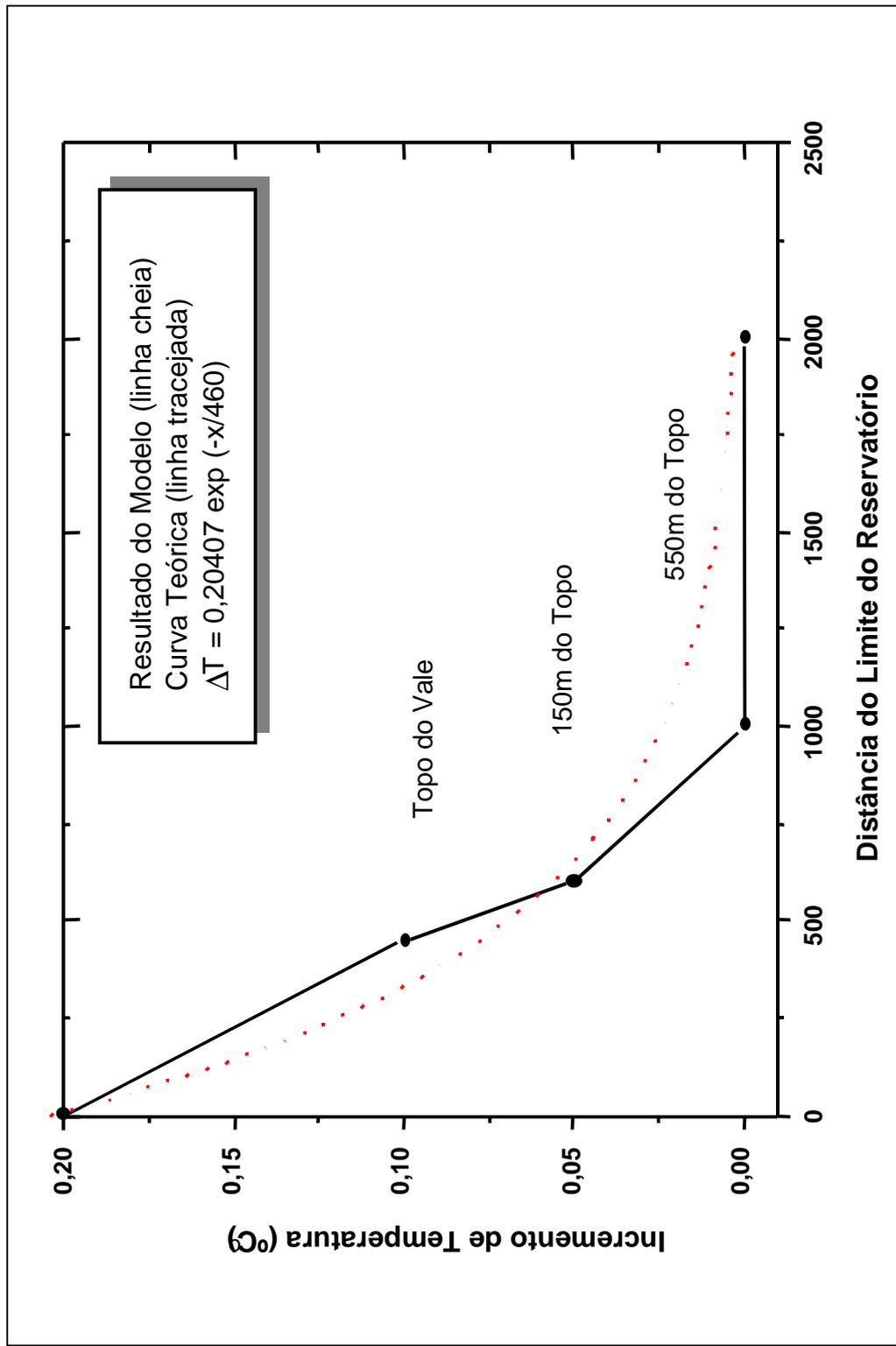


Figura 8. Evolução do incremento da temperatura média do ar - T (°C) no Cenário Futuro (CF) em função da distância do limite do reservatório (m); dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

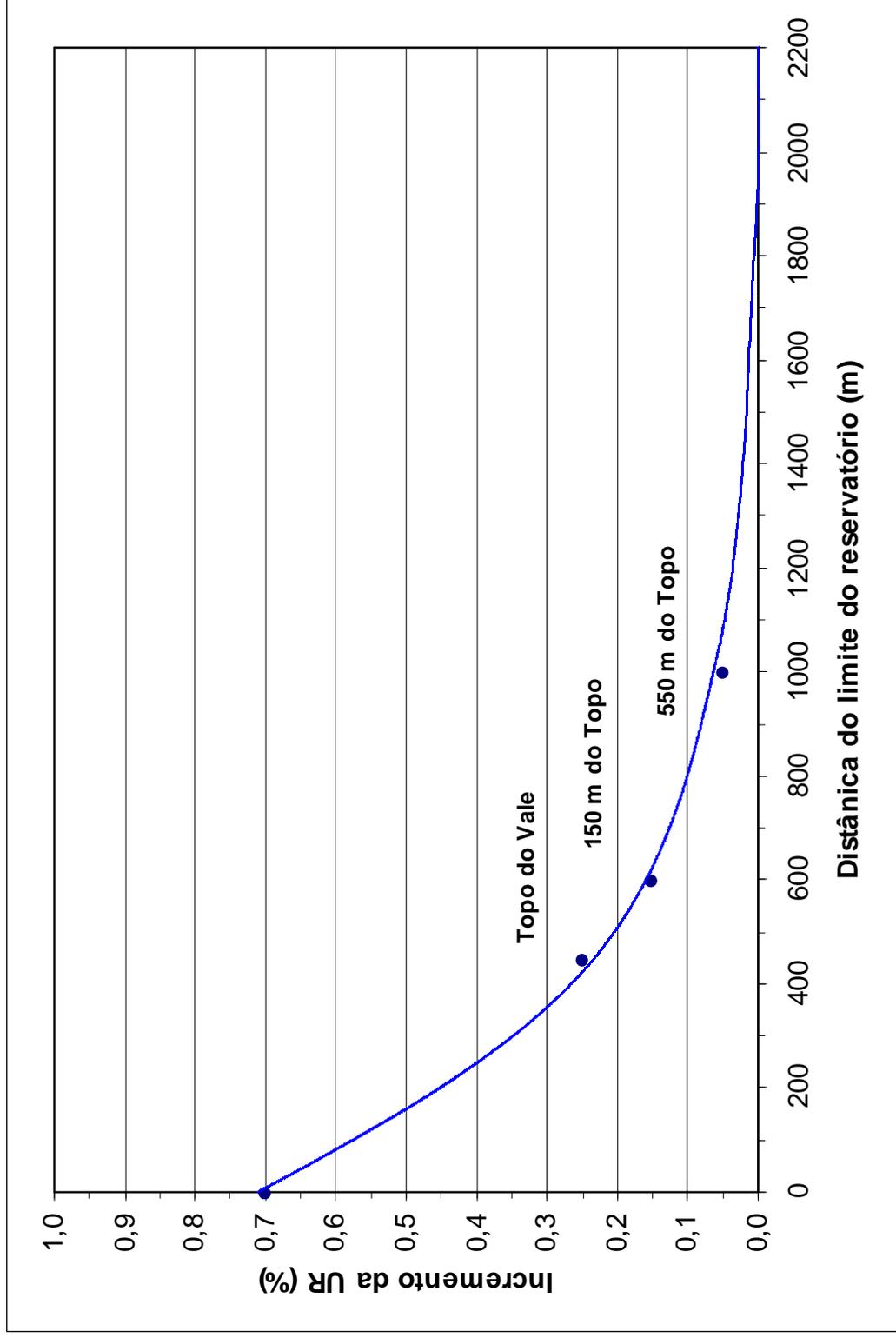


Figura 9. Evolução do incremento da umidade relativa do ar – UR (%) no Cenário Futuro (CF) em função da distância do limite do reservatório (m); dados de modelagem numérica gerados pela UFSM (Moraes & Acevedo, 2002).

Tabela 9. Índices climáticos vitícolas calculados a partir dos dados climáticos gerados por modelagem numérica, representando o Cenário Atual – Fundo do Vale do Rio das Antas.

MÊS	Soma Térmica ST graus-dia	Índice Heliotérmico de Hugin IH	Índice de Frio Noturno e FN IF e FN (°C)	Amplitude Térmica AT (°C)	Índice de Seca IS (mm)	Índice de Balanço Hídrico W>200 (mm)
Outubro	244,9	328,6			200,0	254,0
Novembro	517,9	679,6			200,0	278,9
Dezembro	893,0	1136,9	15,2	12,2	200,0	288,5
Janeiro	1305,3	1615,8	16,2	11,4	193,4	281,9
Fevereiro	1672,1	2049,8	16,3	11,6	196,9	285,4
Março	2041,0	2488,5	14,9	11,5	200,0	309,7
Abril	2269,0					

Tabela 10. Índices climáticos vitícolas calculados a partir dos dados climáticos gerados por modelagem numérica, representando o Cenário Futuro – Fundo do Vale do Rio das Antas.

MÊS	Soma Térmica ST graus-dia	Índice Heliotérmico de Hugin IH	Índice de Frio Noturno e FN IF e FN (°C)	Amplitude Térmica AT (°C)	Índice de Seca IS (mm)	Índice de Balanço Hídrico W>200 (mm)
Outubro	248,0	330,2			200,0	254,3
Novembro	521,0	681,2			200,0	280,3
Dezembro	899,2	1138,4	15,4	11,9	200,0	290,5
Janeiro	1308,4	1614,3	16,3	11,2	195,0	285,5
Fevereiro	1672,4	2044,1	16,4	11,3	200,0	290,5
Março	2041,3	2482,7	14,9	11,5	200,0	316,0
Abril	2269,3					

Tabela 11. Índices climáticos vitícolas calculados a partir dos dados climáticos gerados por modelagem numérica, representando o Cenário Atual – Topo do Vale do Rio das Antas.

MÊS	Soma Térmica <i>ST</i> graus-dia	Índice Heliotérmico de Hugin <i>IH</i>	Índice de Frio Noturno e FN <i>IF e FN</i> (°C)	Amplitude Térmica <i>AT</i> (°C)	Índice de Seca <i>IS</i> (mm)	Índice de Balanço Hídrico <i>W>200</i> (mm)
Outubro	241,8	325,5			200,0	253,3
Novembro	511,8	672,0			200,0	277,7
Dezembro	880,7	1120,0	15,0	12,0	200,0	287,4
Janeiro	1286,8	1592,7	16,0	11,4	193,4	280,8
Fevereiro	1645,2	2018,3	16,4	11,2	197,3	284,7
Março	2007,9	2450,8	14,9	11,3	200,0	308,7
Abril	2232,9					

Tabela 12. Índices climáticos vitícolas calculados a partir dos dados climáticos gerados por modelagem numérica, representando o Cenário Futuro – Topo do Vale do Rio das Antas.

MÊS	Soma Térmica <i>ST</i> graus-dia	Índice Heliotérmico de Hugin <i>IH</i>	Índice de Frio Noturno e FN <i>IF e FN</i> (°C)	Amplitude Térmica <i>AT</i> (°C)	Índice de Seca <i>IS</i> (mm)	Índice de Balanço Hídrico <i>W>200</i> (mm)
Outubro	241,8	325,5			200,0	253,6
Novembro	508,8	670,5			200,0	279,0
Dezembro	874,6	1115,4	15,2	11,7	200,0	289,9
Janeiro	1277,6	1585,0	16,2	11,1	194,6	284,5
Fevereiro	1638,8	2010,6	16,5	11,0	198,9	288,8
Março	2001,5	2443,1	14,9	11,3	200,0	313,4
Abril	2226,5					

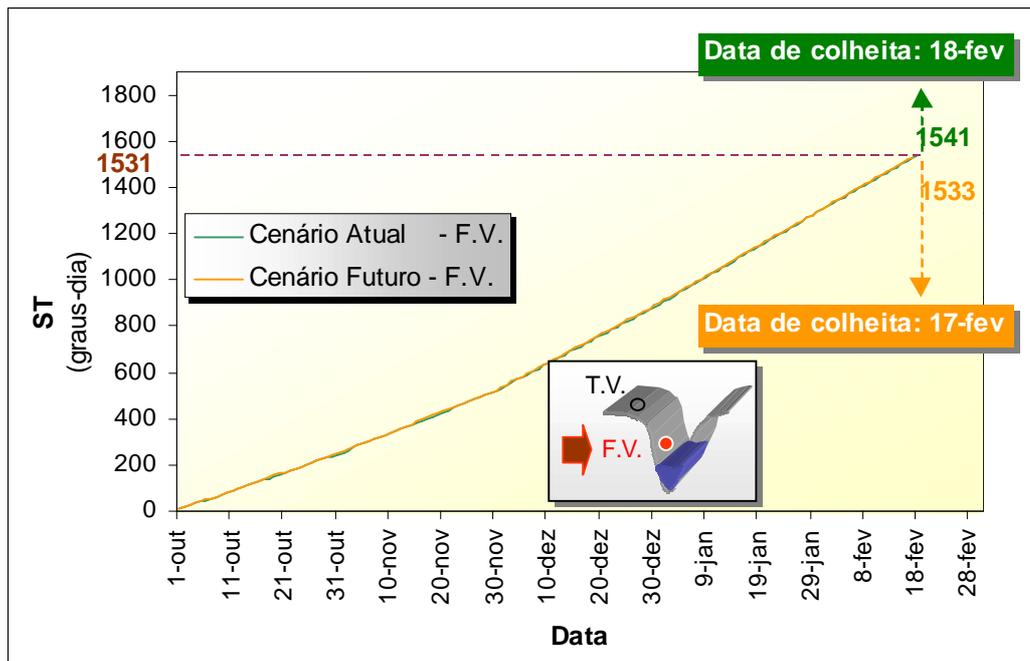


Figura 10. Evolução das Soma Térmica (ST) a partir de 01 de outubro até a data teórica de colheita da uva Cabernet Sauvignon (1.531 graus-dia) para o Cenário Atual e o Cenário Futuro no Fundo do Vale do Rio das Antas.

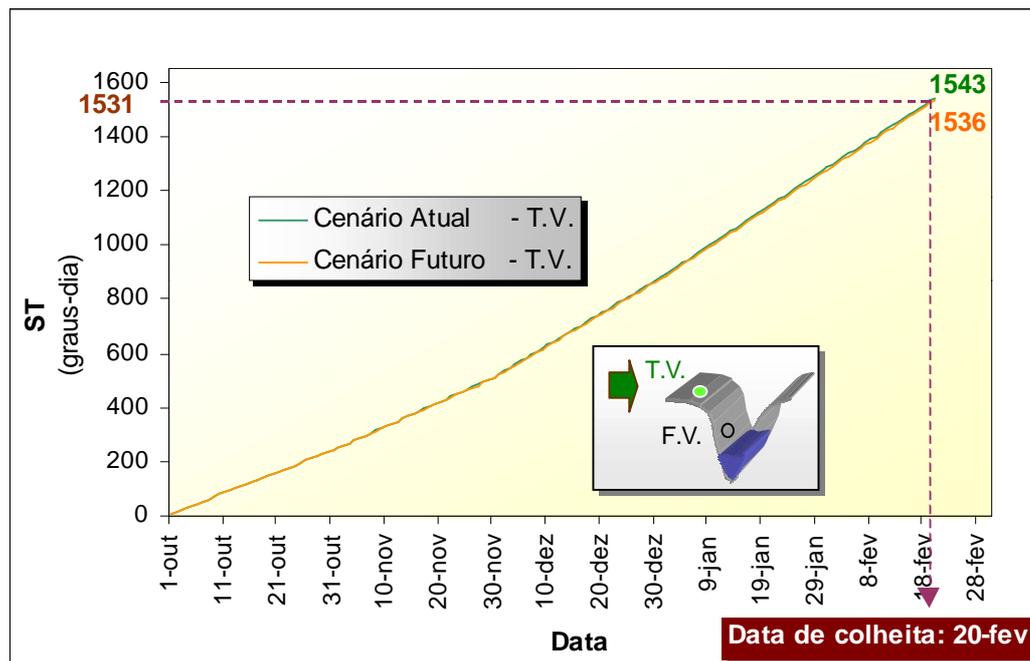


Figura 11. Evolução das Soma Térmica (ST) a partir de 01 de outubro até a data teórica de colheita da uva Cabernet Sauvignon (1.531 graus-dia) para o Cenário Atual e o Cenário Futuro no Topo do Vale do Rio das Antas

Nos dois casos (Cenário Atual e Cenário Futuro), verifica-se que a soma de graus-dia de 1.531 (que representa a data estimada de colheita da uva) é atingida com diferença de ao redor de 12 horas (diferença de aproximadamente 7 graus-dia), o que não é significativo do ponto de vista vitícola.

Os resultados mostram que não haverá alteração em relação ao comprimento do ciclo e em relação à duração do período que vai da mudança de cor das bagas à maturação da uva. Não haverão, portanto, implicações sobre estes estádios fenológicos da videira, bem como sobre a qualidade da uva no que concerne à implicação do efeito comprimento do período no estágio de maturação.

4.1.2. Potencial Vitícola e Qualitativo da Uva: Potencial Heliotérmico

A qualidade da uva, em particular a graduação em açúcares do mosto, considerando padrões similares de disponibilidade hídrica e nictotérmica pode ser estimada através do Índice Heliotérmico de Huglin – *IH*.

As Tabelas 9 a 12 apresentam a evolução mensal do *IH*, para os meses de outubro a março. Esta evolução pode igualmente ser verificada nas Figuras 12 e 13 para a situação de Fundo de Vale e Topo de Vale, respectivamente.

Verifica-se que, para o Fundo do Vale, o *IH* é de 2.488 no Cenário Atual e passa para 2.483 no Cenário Futuro (Figura 12). Para o Topo do Vale, o *IH* de 2.451 no Cenário Atual passa para 2.443 no Cenário Futuro (Figura 13). Os dados calculados permitem verificar que na comparação do Cenário Atual com o Cenário Futuro não há diferencial significativo a destacar, podendo os dois cenários serem considerados similares. Não há implicação de alteração de classe de clima *IH*, conforme pode ser verificado pelos dados do Anexo 1.

Por outro lado, conforme esperado, no Fundo do Vale - que apresenta temperaturas médias e máximas mais elevadas que o Topo do Vale, os valores do *IH* são superiores em aproximadamente 37 unidades, implicando em um potencial de maturação da uva um pouco superior. Contudo este efeito não está ligado ao Cenário Futuro, sendo apenas uma implicação relativa ao diferencial térmico que ocorre naturalmente na situação de Topo e Fundo do Vale.

4.1.3. Potencial Vitícola e Qualitativo da Uva: Perfil Nictotérmico

O Frio Noturno em período de maturação da uva é considerado um dos elementos climáticos importantes que definem padrões de qualidade de uva, em particular em relação à cor e ao aroma das uvas.

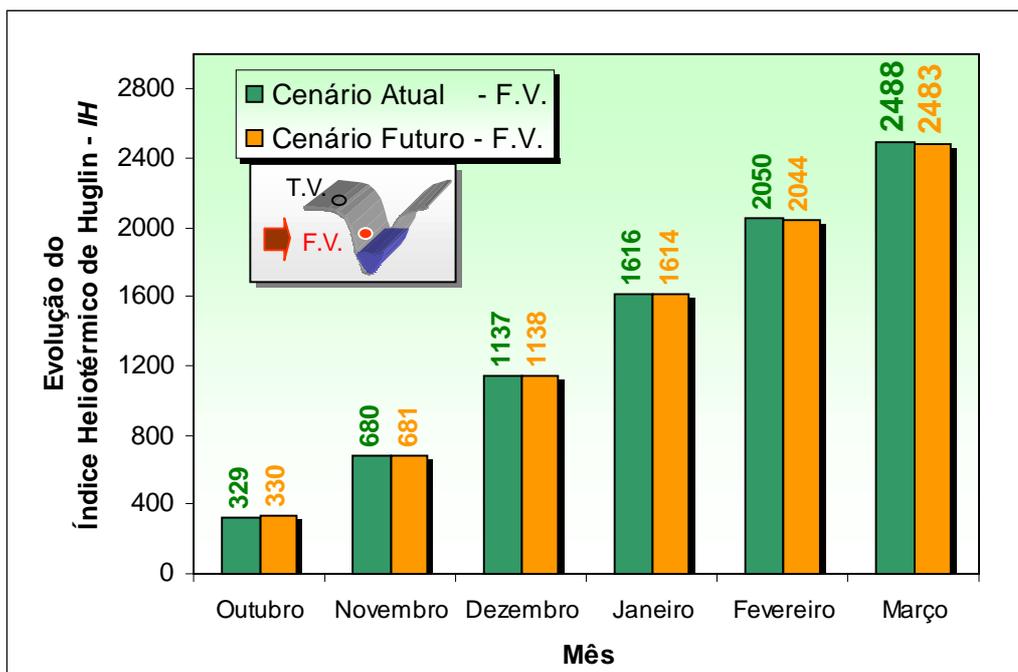


Figura 12. Evolução mensal do Índice Heliotérmico de Huglin (*IH*) de outubro a março, considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro no Fundo do Vale do Rio das Antas.

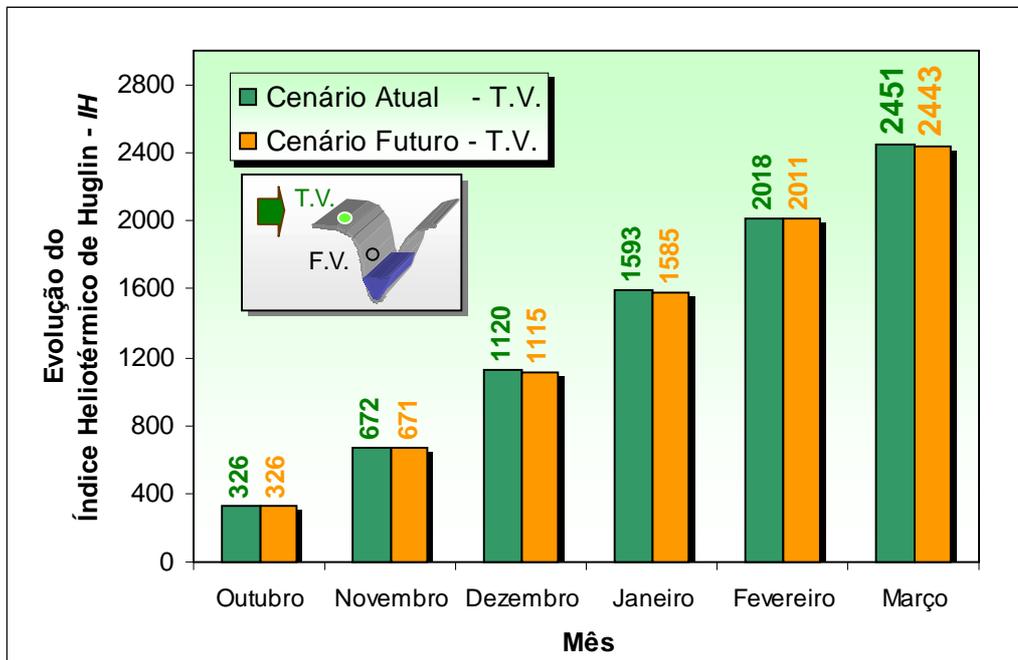


Figura 13. Evolução mensal do Índice Heliotérmico de Huglin (*IH*) de outubro a março, considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro no Topo do Vale do Rio das Antas.

As Tabelas 9 a 12 apresentam os resultados do *IF* e do FN (Frio Noturno) para os Cenários Atual e Futuro, no Fundo e Topo do Vale. Em nenhum dos casos o *IF* detectou valores climáticos diferentes. Porém o FN, calculado para os meses de dezembro a fevereiro detectou um aumento do valor do FN variável de 0,1 a 0,2 °C em função do mês considerado, conforme pode ser verificado nas Figuras 14 e 15 (Fundo do Vale e Topo do Vale, respectivamente). Se analisarmos a classificação proposta no Anexo 2, verificamos que não há alteração da classe de clima *IF*. Seguindo o mesmo raciocínio para os meses de dezembro a fevereiro, verifica-se que não há alteração da classe de clima, mesmo se considerarmos subclasses, com intervalo de 1 °C.

As alterações constatadas no Cenário Futuro coincidem com o período de maturação da uva. Para o conjunto da região da Serra Gaúcha, o desejável seria termos valores de *IF* e FN mais baixos visando potencializar a qualidade da uva. O Cenário Futuro (com a construção das usinas), mostra tendência em sentido contrário ao desejado. Torna-se importante salientar entretanto que, considerando uma escala de 6 classes de efeito potencial (inexistente, muito pequeno, pequeno, médio, grande e muito grande), a alteração do clima vitícola previsto é *muito pequeno* do ponto de vista da bioclimatologia e da potencial resposta ecofisiológica da videira, com igual impacto potencial sobre as características de cor e aroma das uvas.

De forma complementar aos resultados acima referidos, as Figuras 16 e 17 apresentam o diferencial relativo à Amplitude Térmica (AT) para os dois cenários, seja no Fundo quanto no Topo do Vale. Os índices confirmam os dados obtidos pelo efeito FN, já que há uma atenuação da amplitude térmica da ordem de 0,2 a 0,3 °C dependendo do mês, no período de dezembro a fevereiro. Este efeito climático é esperado neste caso, já que ocorre um efeito termorregulador da água do reservatório, que será maior no Cenário Futuro.

4.1.4. Potencial Vitícola e Qualitativo da Uva: Disponibilidade Hídrica

A disponibilidade hídrica foi avaliada pelo Índice de Seca - *IS* e pelo $W > 200$. Estes indicadores são importantes tendo em vista que a Serra Gaúcha situa-se numa condição de clima vitícola úmido, tendendo a ser excessivo do ponto de vista de qualidade da uva.

As Tabelas 9 a 12 apresentam os resultados do *IS* e do $W > 200$ para os Cenários Atual e Futuro, no Fundo e Topo do Vale.

Conforme pode ser verificado nas Figuras 18 e 19 (Fundo do Vale e Topo do Vale, respectivamente), verifica-se que a evolução do *IS* indica que os valores atingem o nível máximo (200 mm), exceto para os meses de janeiro e fevereiro. Nestes meses, para o Cenário

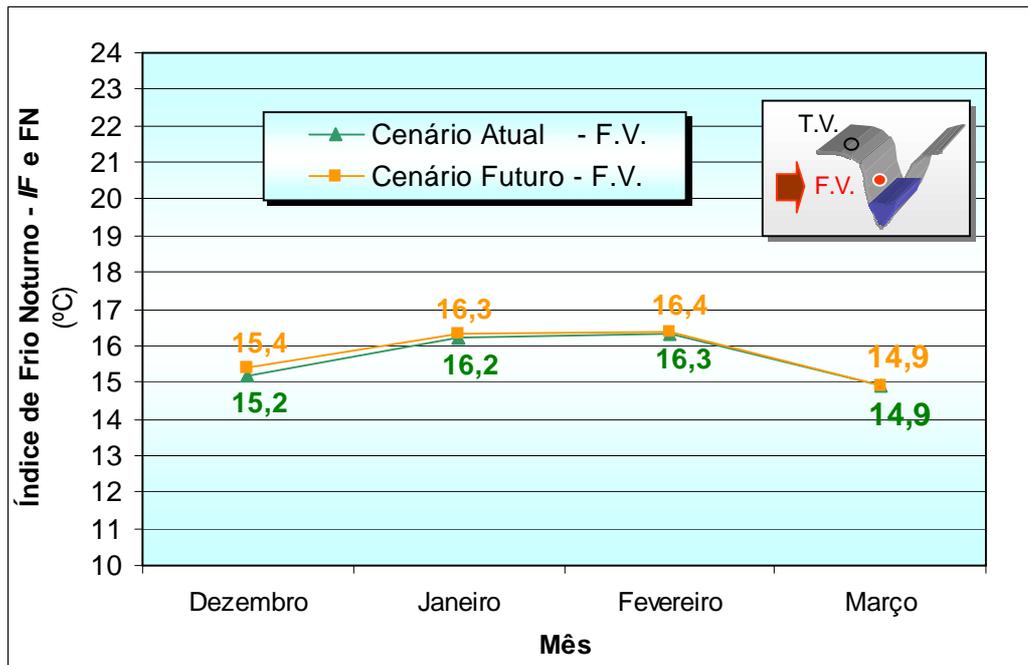


Figura 14. Índice de Frio Noturno (*IF*) e Frio Noturno (FN) para os meses de maturação da uva considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro no Fundo do Vale do Rio das Antas.

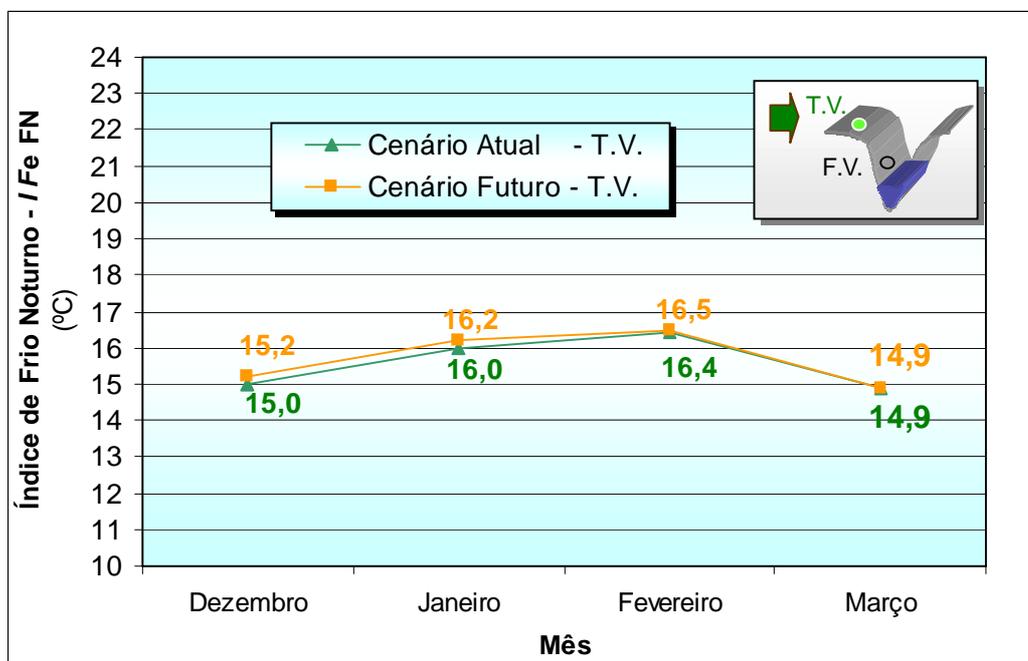


Figura 15. Índice de Frio Noturno (*IF*) e Frio Noturno (FN) para os meses de maturação da uva considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro no Topo do Vale do Rio das Antas.

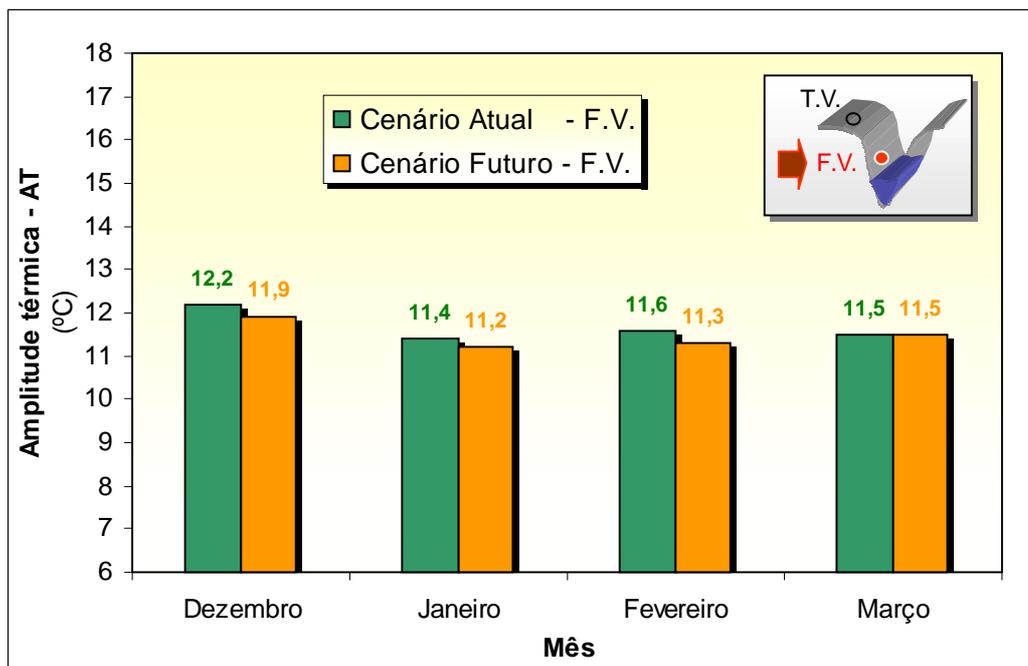


Figura 16. Amplitude Térmica (AT) para os meses de maturação da uva no Cenário Atual e no Cenário Futuro para a condição de Fundo do Vale do Rio das Antas.

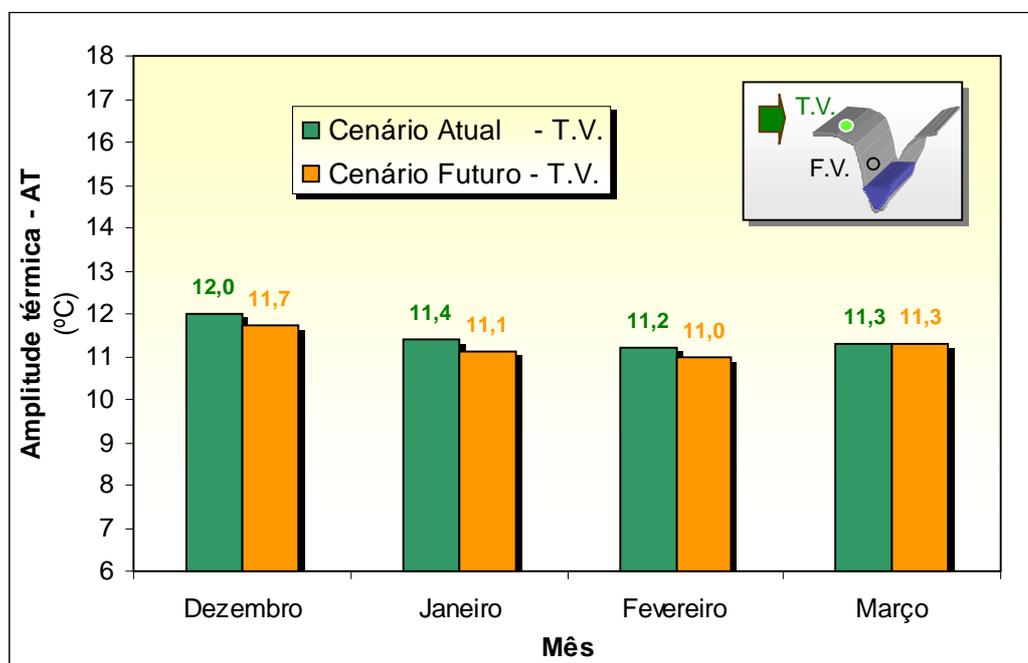


Figura 17. Amplitude Térmica (AT) para os meses de maturação da uva no Cenário Atual e no Cenário Futuro para a condição de Topo do Vale do Rio das Antas.

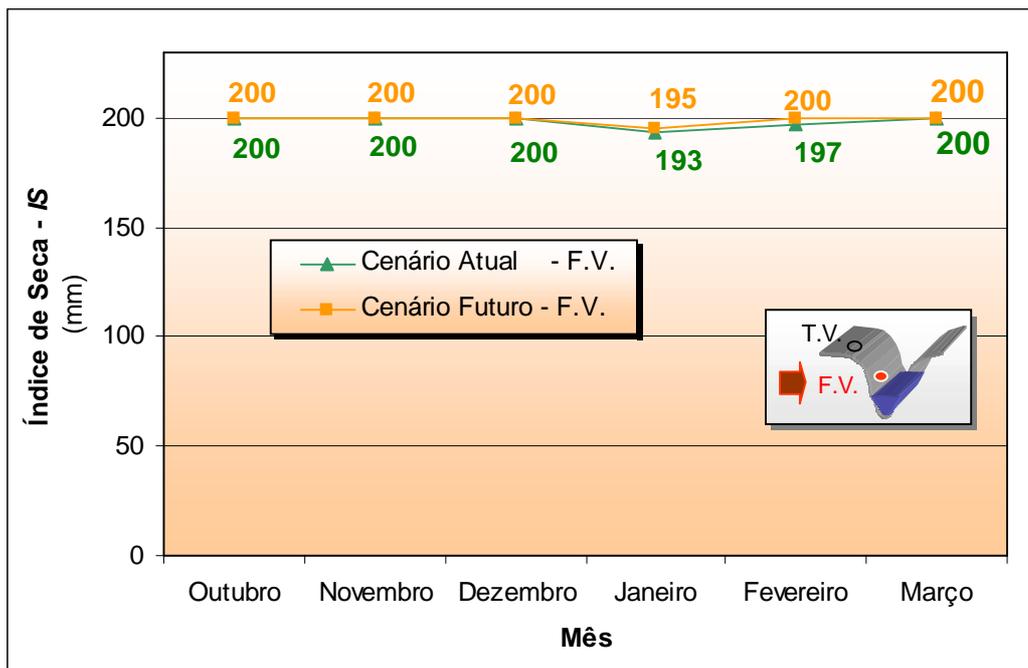


Figura 18. Evolução do Índice de Seca (IS) de outubro a março considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro para a condição de Fundo do Vale do Rio das Antas.

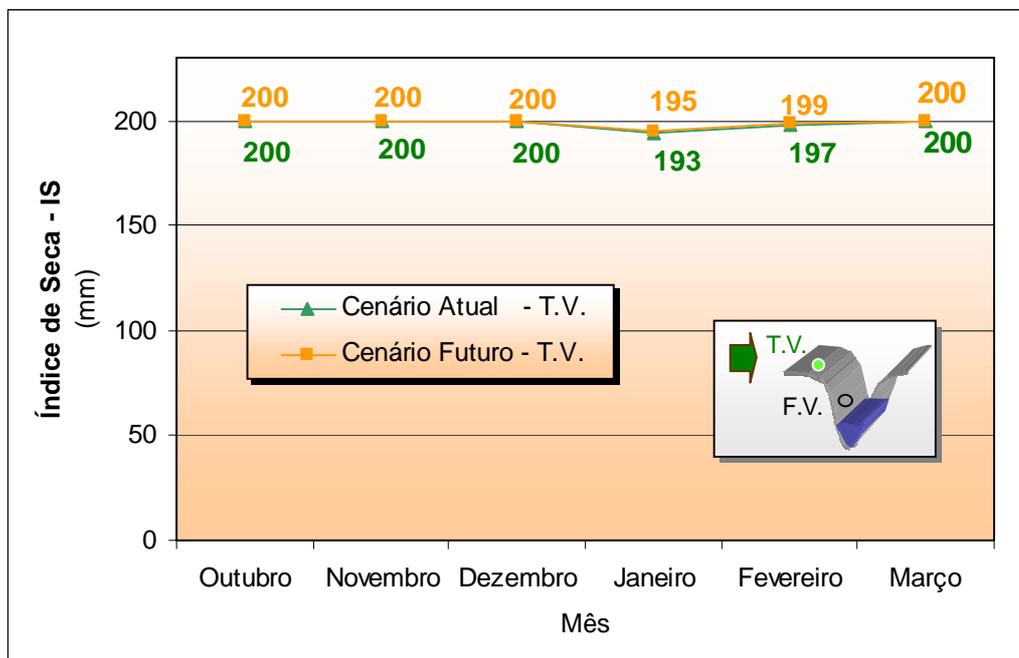


Figura 19. Evolução do Índice de Seca (IS) de outubro a março considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro para a condição de Topo do Vale do Rio das Antas.

Atual, os valores são de 2 a 3 mm mais baixos que no Cenário Futuro. Se analisarmos a classificação proposta no Anexo 3, verificamos que estamos sempre na classe de clima *IS* úmido.

Tais alterações coincidem com o período de maturação da uva. Para o conjunto da região da Serra Gaúcha, o desejável seria termos valores de *IS* mais baixos visando potencializar a qualidade da uva. O efeito positivo de valores de *IS* mais baixos é constatado no efeito safra na Serra Gaúcha, já que as melhores safras como 1982, 1986, 1999 e 1991 por exemplo, apresentam *IS* que coloca o ano como clima vitícola *IS* como subúmido (Tonietto & Carbonneau, 1999). O Cenário Futuro (com a construção das usinas), mostra tendência em sentido contrário ao desejado. Torna-se importante salientar entretanto que, considerando uma escala de 6 classes de efeito potencial (inexistente, muito pequeno, pequeno, médio, grande e muito grande), a alteração do clima vitícola previsto é *muito pequeno* do ponto de vista da bioclimatologia e da potencial resposta ecofisiológica da videira, com igual impacto potencial sobre as características de maturação das uvas.

De forma complementar aos resultados acima referidos, as Figuras 20 e 21 apresentam a evolução do $W>200$, para os dois cenários, seja no Fundo quanto no Topo do Vale. Esta situação se aplica a solos com alta capacidade de retenção de água (superiores a 300 mm), de forma que, até se chegar à capacidade de campo (neste caso sem limite estabelecido), o modelo considera que não há perdas de água por escoamento superficial ou por percolação. Verifica-se que, em 31 de março os valores de $W>200$ são de 4 a 6 mm superiores para o Cenário Futuro quando comparado com o Cenário Atual. Isto é consequência do efeito combinado de uma precipitação pluviométrica um pouco superior e de uma ETP um pouco menor no Cenário Futuro. O impacto potencial sobre a qualidade da uva nesta situação é similar à descrita para o caso do *IS*.

4.2. Avaliação do Impacto Potencial sobre a Incidência de Doenças Fúngicas

A comparação dos valores de precipitação média mensal do Cenário Atual e Cenário Futuro observa-se que as mudanças são praticamente insignificantes havendo apenas o acréscimo de 0,5 mm de chuva no mês de novembro e de 1,0 mm nos meses de dezembro a fevereiro, o que não traduzirá do ponto de vista biológico em um aumento na incidência das doenças da videira.

Ao observarmos os valores da temperatura média mensal, temperatura máxima e mínima dos dois cenários, as mudanças resultantes são da ordem de décimos de graus Celsius, o que

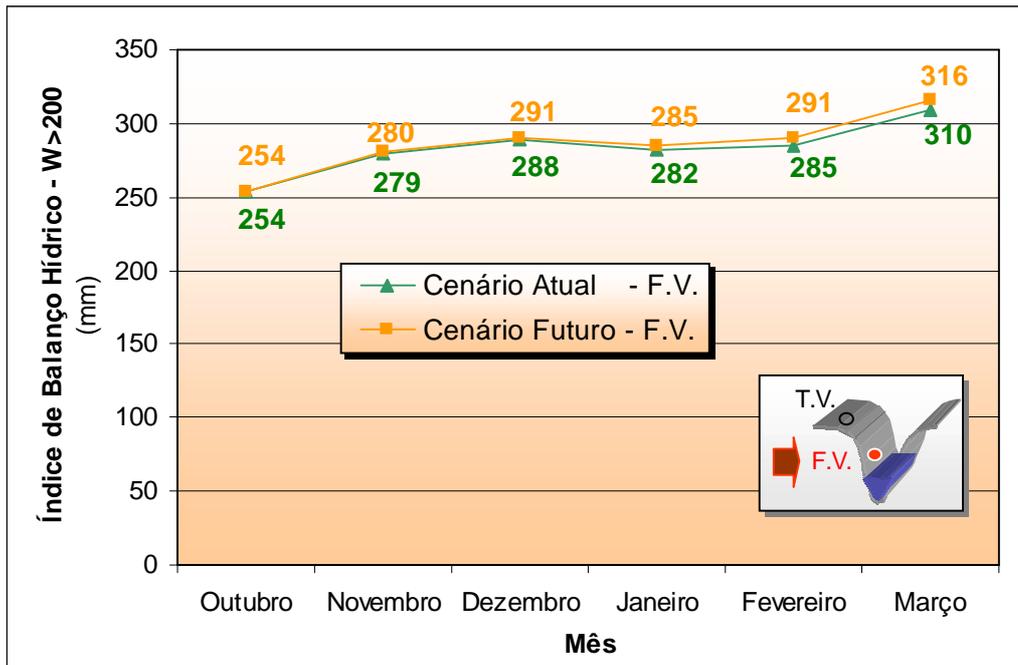


Figura 20. Evolução do Índice de Balanço Hídrico para o período de outubro a março considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro na condição de Fundo do Vale do Rio das Antas.

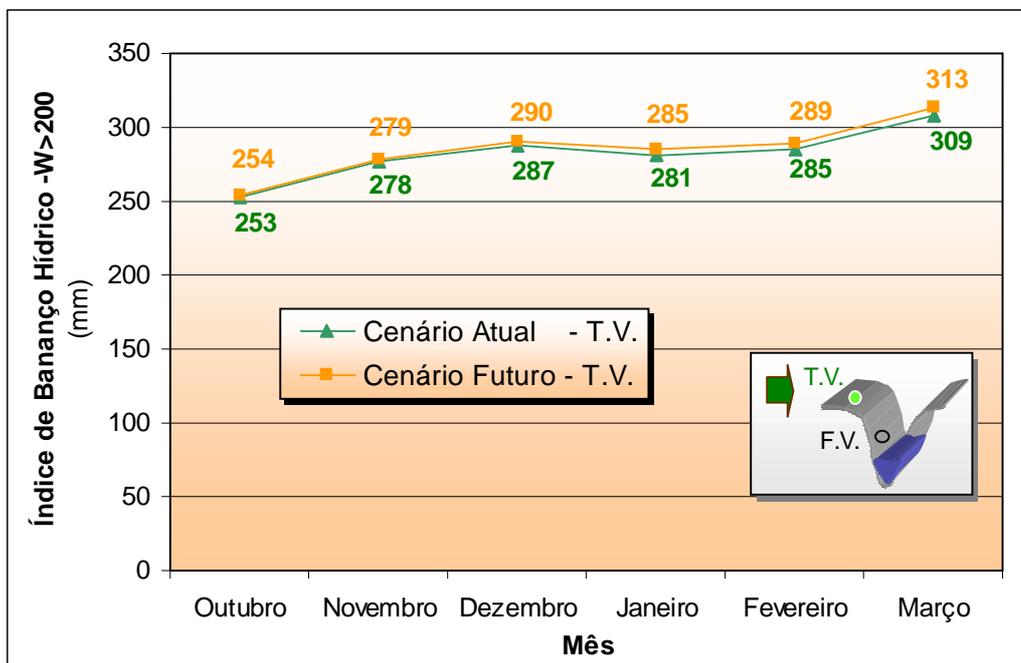


Figura 21. Evolução do índice de Balanço Hídrico para o período de outubro a março considerando o Cenário Atual e o Cenário Futuro na condição de Topo do Vale do Rio das Antas.

também não contribui para aumentar a incidência de doenças fúngicas, tanto no Fundo do Vale quanto no Topo do mesmo.

A evolução diária das médias horárias de temperatura da segunda quinzena de setembro à segunda quinzena de março também revelou pequenas modificações decimais que não terão efeitos significativos no ciclo de vida dos patógenos e na infecção das plantas.

Pelo modelo utilizado para a comparação da umidade relativa mensal ao longo do espaço observa-se que as médias mensais também tiveram pequenas alterações, e que a medida que se afasta do local da construção das barragens as alterações tendem a zero (Figura 9), havendo apenas um incremento na região de influência de menos do que 1 %, o que não contribui para o agravamento dos problemas fitossanitários.

Reduzidas alterações foram observadas na evolução horária da umidade relativa de médias quinzenais, ocorrendo no período entre as 3 e 8 horas da manhã. Porém, a utilização destes dados não são de grande utilidade, tendo em vista que o cálculo da média desta variável afasta o valor da faixa adequada para infecção de plantas pelos patógenos. Em um dia com umidade relativa abaixo de 90 % dificilmente ocorreria infecção de plantas por fungos que necessitam UR elevada. Por outro lado, já em uma condição de alta UR haveria sucesso nas infecções. Já quando se trabalha com médias os valores ficam aquém dos favoráveis para o desenvolvimento de doenças de plantas (Tabela 13). Entretanto, pela comparação dos Cenários Atual e Futuro utilizando as médias quinzenais da evolução da umidade relativa observam-se insignificantes alterações, logo se for verdadeiro também para os dados brutos da evolução diária, então também se conclui que não terá reflexos no aumento da incidência das doenças nas videiras plantadas na região.

A intensidade de chuva que causa a infecção é relevante para a severidade da doença. Uma infecção moderada para míldio é obtida com menos de 8 mm de chuva, já uma forte infecção é observada com mais de 8 mm de chuva. A duração necessária de molhamento foliar para o sucesso da infecção depende da temperatura. Em uma temperatura de 6 °C a necessidade de haver um molhamento de 9 horas, enquanto que uma temperatura de 20 °C, a duração do molhamento foliar necessário é de apenas duas horas. A temperatura ótima para infecção de videiras por *Plasmopara viticola* é de 18 a 22 °C (Lalancette et al., 1988; Pearson & Goheen, 1994).

Tabela 13. Evolução horária da umidade relativa do ar, em %, nos dias 20 de novembro e 05 de dezembro de 2001; dados da estação meteorológica da UFSM (NRS-Ufsm), localizada junto à futura barragem da usina Castro Alves.

Hora	Umidade relativa do ar (%)		
	Data		Média
	20/11/01	05/12/01	
0:00	73,6	87,6	80,6
1:00	74,1	93,0	83,5
2:00	77,0	93,1	85,0
3:00	79,4	93,3	86,3
4:00	82,4	95,4	88,9
5:00	82,3	96,0	89,1
6:00	83,6	96,3	89,9
7:00	78,0	96,9	87,4
8:00	73,6	96,6	85,1
9:00	69,0	96,7	82,8
10:00	65,5	97,3	81,4
11:00	60,4	97,4	78,9
12:00	51,9	96,2	74,0
13:00	44,5	94,3	69,4
14:00	35,1	93,7	64,4
15:00	32,1	90,3	61,2
16:00	29,8	93,0	61,4
17:00	27,3	90,0	58,6
18:00	28,0	90,6	59,3
19:00	31,3	90,0	75,2
20:00	42,9	89,5	66,2
21:00	58,9	91,6	75,2
22:00	63,9	97,2	80,5
23:00	62,5	98,3	80,4

Na primavera, sob alta umidade, conídios *Sphaceloma ampelinum* (*Elsinoe ampelina*) são formados a partir dos escleródios ou de lesões dormentes. Eles são disseminados por respingos de chuva e, ao atingir tecido jovem, germinam e infectam o hospedeiro. A infecção requer pelo menos 12 horas de água líquida sobre o tecido vegetal e pode ocorrer a temperaturas que variam de 2 a 32 °C. O intervalo ótimo de temperatura para o desenvolvimento da doença é de 24 – 26 °C (Amorim & Kuniyuki, 1997).

Phomopsis viticola, agente causal da escoriose da videira, sobrevive durante o inverno dentro do tecido infectado. Quando os picnídios são molhados na primavera, esporos são liberados, lavados ou arremessados pela chuva ou mesmo carregados por insetos. Esporos germinam em temperatura variando de 01 a 37 °C. Em temperatura ótima, aproximadamente 23 °C, infecções podem ocorrer dentro de 3 a 4 horas quando os tecidos são úmidos ou expostos a umidade relativa de aproximadamente 100 % (Creecy & Emmett, 1990).

A probabilidade de infecção por *Botrytis cinerea* e por *Glomerella cingulata* dependem primariamente da concentração de açúcar das bagas e a duração da umidade relativa acima de

92 % ou umidade livre presente na superfície das bagas. A taxa de infecção também depende da temperatura. Em geral, as infecções não progridem rapidamente em umidade abaixo de 90 % e na maioria dos casos severas epidemias estão associadas com chuvas em pré-colheita. Estas chuvas proporcionam a umidade necessária para a infecção somada a temperatura ótima de 15 a 28 °C para o desenvolvimento da podridão de Botrytis (Cooperative Extension University of California, 1981).

Para comparação dos dados meteorológicos gerados pela modelagem numérica para os Cenários Atual e Futuro, foram selecionadas cinco estações meteorológicas da Embrapa Uva e Vinho com as seguintes altitudes: BG-PintoBandeira (725 m), BG-São Valentin (660 m), BG-Embrapa Sede (630 m), MBS-Pasquali (540 m) e BG-Vale Aurora (240 m) localizadas a aproximadamente 15,5, 19,3, 21,6, 26,4 e 29,0 km, respectivamente, do ponto de modelagem numérica. Os dados mensais de temperatura média do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, dos últimos 11 anos, estão apresentados nos Anexos 4 a 18. Observa-se que os dados do Cenário Futuro destas variáveis estão dentro do intervalo observado pelas outras estações meteorológicas, o que se conclui que os efeitos para o favorecimento da ocorrência de doenças na videira possivelmente serão mínimos em relação à situação atual desde que o modelo utilizado para a simulação do Cenário Futuro esteja correto.

Pela análise efetuada pelo teste de t para comparação dos dados do Cenário Atual, Cenário Futuro e as médias mensais no período 1991-2001 (11 anos) correspondentes às medições da temperatura média mensal, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, não foi constatado diferença significativa com os valores coletados nas cinco estações agrometeorológicas da Embrapa (Anexos 4 a 18). Logo não se espera encontrar modificações significativas nas condições mesoclimáticas da região que contribua para o agravamento das doenças fúngicas na videira, após a construção das barragens. Entretanto, isto está condicionado a representatividade dos dados modelados para a situação futura.

Pelas avaliações quinzenais efetuadas entre 01 de setembro de 2001 e 15 de março de 2002 observou-se a formação de nevoeiro em onze datas (Tabela 14) e ausência em três ocasiões. Ao se comparar os horários da formação de nevoeiro no Cenário Atual e no Cenário Futuro verifica-se uma antecipação de até 7 minutos e da mesma forma a comparação de cenários quanto ao horário de dissipação do nevoeiro há uma prorrogação de até 10 minutos. Com isto, poderá ocorrer um prolongamento do tempo de molhamento foliar causado pelo nevoeiro de 5 a 14 minutos. A medida que ocorre o aumento da disponibilidade de molhamento foliar, o

ataque de plantas por patógenos é intensificado, porém torna-se difícil precisar a magnitude deste efeito devido a pequena modificação observada, além do mais na data em que ocorreu o maior acréscimo (14 minutos) verificou-se uma duração de 4 horas e 28 minutos de nevoeiro, condição altamente favorável para fungos que requerem UR elevada.

Tabela 14. Horário de formação e de dissipação de nevoeiro para os Cenários atual (CA) e Futuro (CF), baseada nas datas avaliadas e diferenças em minutos (dados modelados pela UFSM).

Data	Horário de Formação			Horário de Dissipação			Acréscimo (em minutos)
	CA	CF	CF-CA	CA	CF	CF-CA	
01/09/2001	05:12	05:08	00:04	10:30	10:37	00:07	00:11
15/09/2001	05:09	05:05	00:04	10:15	10:19	00:04	00:08
01/10/2001	05:32	05:28	00:04	10:00	10:10	00:10	00:14
15/10/2001	05:47	05:40	00:07	09:45	09:48	00:03	00:10
01/11/2001	06:00	05:57	00:03	09:12	09:17	00:05	00:08
15/11/2001	06:12	06:09	00:03	08:50	08:55	00:05	00:08
01/12/2001	06:20	06:17	00:03	08:30	08:35	00:05	00:08
15/12/2001	06:20	06:17	00:03	08:00	08:05	00:05	00:08
01/01/2002	*	*	*	*	*	*	*
15/01/2002	*	*	*	*	*	*	*
01/02/2002	*	*	*	*	*	*	*
15/02/2002	06:12	06:10	00:02	07:00	07:05	00:05	00:07
01/03/2002	05:59	05:57	00:02	07:30	07:33	00:03	00:05
15/03/2002	05:40	05:35	00:05	07:45	07:32	00:07	00:12

* Ausência de nevoeiro.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações relativas à modelagem climática utilizada neste trabalho, executadas sob a responsabilidade técnica do Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, da UFSM, constam deste relatório nos itens Metodologia e Resultados e Discussão, os quais contêm as observações do próprio responsável técnico pelo estudo.

O presente estudo objetivou, com base na modelagem climática realizada, interpretar o impacto de alterações climáticas do Complexo Energético do Rio das Antas sobre a viticultura regional.

Os estudos realizados e apresentados neste relatório permitem concluir que as alterações climáticas decorrentes da construção das 3 usinas hidrelétricas do Complexo Energético do Rio das Antas, apresentam o seguinte impacto vitícola potencial:

Quanto ao Potencial Vitícola e Qualitativo da Uva

- Não há alteração no comprimento do ciclo vegetativo da videira no que se refere ao comprimento do período compreendido entre a brotação e a colheita da uva, nem do comprimento do período de maturação da uva, o que indica que não há alteração do potencial vitícola e qualitativo da uva no que concerne a estes indicadores;
- Verifica-se que não há alteração significativa do potencial heliotérmico, o qual está associado aos níveis de açúcares da uva;
- A disponibilidade hídrica e o perfil nictotérmico em período de maturação – variáveis também associadas aos níveis de maturação e ao potencial de cor e aroma das uvas, respectivamente, sofrem uma alteração que pode ser qualificada como *muito pequena* e restrita às regiões internas das encostas do Vale do Rio das Antas.

Quanto à Incidência de Doenças Fúngicas

- As modificações verificadas na temperatura média mensal quando se compara o Cenário Atual e o Cenário Futuro são insignificantes, não contribuindo para o agravamento das doenças fúngicas;
- A alteração da umidade relativa do ar mensal, incremento de no máximo 0,7%, próximo ao local da construção das barragens do Rio das Antas terá um mínimo efeito sobre as doenças da videira e a medida que se afasta desse ponto as modificações tendem a zero;
- O aumento da duração do tempo para dissipação do nevoeiro tende a favorecer o processo infeccioso de plantas por fungos, porém como se trata de apenas 14 minutos os reflexos não serão facilmente perceptíveis e, portanto, não se espera encontrar uma situação diferente da atual, com relação a intensidade das doenças fúngicas, ou seja, qualquer alteração ocorrida será mínima e difícil de quantificar.

Assim, estima-se que a preocupação inicial do setor vitivinícola bem como da sociedade, quanto a impactos de maior repercussão sobre a atividade vitivinícola da região da Serra Gaúcha não são confirmados pelos estudos realizados.

Cabe destacar que os estudos apresentados são baseados na modelagem climática realizada, que foi realizada com as informações meteorológicas disponíveis no momento. Segundo o Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes - responsável técnico pelo estudo, a modelagem gerada poderá ser refeita após um período mais longo de observações meteorológicas e com amostragens em mais de um ponto, o que possibilitará a obtenção de resultados cada vez mais acurados. Neste

sentido, em junho, uma nova campanha meteorológica intensiva será realizada pela sua equipe da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, campanha esta que já contará com dois pontos de amostragem para o balanço de energia, o que representa um avanço em relação à situação atual.

Assim, na medida do interesse, novas simulações poderão ser realizadas no sentido de verificar se, aos resultados ora apresentados, podem ser agregados maiores detalhamentos tornando-os mais acurados.

Os estudos realizados contemplam o Cenário Futuro para as três usinas hidrelétricas: Castro Alves, Monte Claro e 14 de Julho. A eventual construção de outras usinas na região deverão merecer estudos que contemplem tal abrangência.

AGRADECIMENTOS

A equipe da Embrapa Uva e Vinho que executou este projeto agradece às seguintes pessoas e instituições que contribuíram para a sua realização:

- Ao Prof. Osvaldo Luiz Leal de Moraes da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, e sua equipe, pelo apoio e participação na modelagem numérica realizada;
- À CERAM – Cia. Energética Rio das Antas, em particular ao Eng. Roberto Knijnik, pelo auxílio financeiro destinado ao custeio de parte da pesquisa realizada;
- Ao pessoal da área de apoio técnico da Embrapa Uva e Vinho, em particular ao técnicos agrícolas Dalton Antonio Zat e João Carlos Taffarel, bem como aos estagiários Verônica Libera Chiarello e Endrigo Pompermayer, pelos trabalhos realizados na geração e organização e tratamento das bases de dados meteorológicos;
- À equipe do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, em particular ao Professor Heinrich Hasenack, Eliana C. Sarmiento e José L. P. Cordeiro, pelos trabalhos de geoprocessamento e cartografia temática realizados.

BIBLIOGRAFIA

- ALDERMAN, S.C. & BEUTE, M.K. Influence of temperature and moisture on germination and germ tube growth of *Cercospora arachidicola* on peanut. *Phytopathology* 76: 715-719, 1986
- AMORIM, L. & KUNIYUKI, H. Doenças da videira. In.: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. *Manual de fitopatologia*. Volume 2: Doenças das plantas cultivadas. São Paulo. Editora agrônômica Ceres Ltda. 1997. p. 736-757.
- AVISSAR, R. & CHEN, F. Development and analysis of prognostic equations for mesoscale kinetic energy. *Journal of Atmospheric Sciences*, USA, 1993.
- BECKER, N.J. Influence des facteurs géographiques et topographiques sur la qualité de la vendange. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA QUALITÉ DE LA VENDANGE, Le Cap, 14-21 Fév., 1977, *Actes...* Stellenbosch, Oenological Viticultural Research Institute. p.169-180, 1977.
- BILLING, E. The effect of temperature on the growth of the fireblight pathogen, *Erwinia amylovora*. *J. Appl. Bacteriol.* 37: 643-648, 1974.
- BRAVDO, B.-A. & HEPNER, Y. Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. *Acta Horticulturae*, n.206, 49-67, 1987. (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management).
- CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. *Introduction to plant disease epidemiology*. New York. John Wiley & Sons. 1990. 532p.
- CHAMPAGNOL, F. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Montpellier, 1984. 351p.
- COOMBE, B.G. Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, Davis, n.206, 23-35, 1987. (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management - 1986).
- COOPERATIVE EXTENSION UNIVERSITY OF CALIFORNIA. *Grape pest management*. 1981. 312p.
- CREECY, H. & EMMETT, B. Phomopsis of grapevines and its control. *Grapegrower & Winemaker* 316: 91-94, 1990.
- DUNIWAY, J.M. Soil-plant-water relations and disease. In.: HATFIELD, J.L. & THOMASON, I. J. (eds.). *Biometeriology in integrated pest management*. London. Academic Press. 1982. p. 307-325.

- FALCADE, I.; MANDELLI, F.; FLORES, C.A.; FASOLO, P.J. & POTTER, R. O. *Vale dos Vinhedos: caracterização geográfica da região*. Caxias do Sul: EDUCS, 1999. 144 p. (FALCADE, I. e MANDELLI, F., Org.).
- FERRIS, H.; SCHNEIDER, S.M. & SEMENOFF, M.C. Distributed egg production functions for *Meloidogyne arenaria* in grape varieties and consideration of the mechanistic relationship between plant and parasite. *J. Nematol.* 16: 168-174, 1984.
- FRY, W.E. *Principles of plant disease management*. New York, Academic Press Inc. 1982. 378p.
- HUGLIN, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In : SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'ÉCOLOGIE DE LA VIGNE, 1, Constança, Roumanie, 1978. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, p.89-98, 1978.
- JACKSON, D.I. & CHERRY, N.J. Prediction of a district's grape-ripening capacity using a latitude-temperature index (LTI). *American Journal of Enology and Viticulture*, v.39, n.1, 19-28, 1988.
- JAMES, J.R. & SUTTON, T.B. Environmental factors influencing pseudothecial development and ascospore maturation of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72: 1073-1080, 1982
- JONES, A. L. Role of wet periods in predicting foliar diseases. In.: LEONARD, K.J. & FRY, W.E. *Plant disease epidemiology. Population dynamics and management*. Vol. 1. New York. Macmillan Publishing Company. 1986. p. 87-100.
- JONES, A. L.; LILLEVIK, A. L.; FISHER, P.D. & STEBBINS, T.C. A microcomputer-based instrument to predict primary apple scab infection periods. *Plant disease* 64: 69-72, 1980.
- KESSLER, R. A surface temperature and moisture parametrization for use in mesoscale numerical model. 7th Conference on Numerical Weather Prediction, Montreal, Canada, 1985.
- KLIEWER, W.M. & TORRES, R.E. Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.23, n.2, 71-77, 1972.
- KLIEWER, W.M. Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo and nycto-temperatures during maturation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.98, n.2, 153-159, 1973.
- LALANCETTE, N.; ELLIS, M.A. & MADDEN, L.V. Development of an infection efficiency model for *Plasmopara viticola* on american grape based on temperature and duration of leaf wetness. *Phytopathology* 78: 794-800, 1988.

- MIELE, A. Efeito do terroir na composição da uva e do vinho Cabernet Franc da Serra Gaúcha. In: SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE VITICULTURA, ENOLOGIA E GASTRONOMIA, *Anais*, 1998. Bento Gonçalves: Celito Crivellaro Guerra, 1999.
- MORAES, O.L.L. de. & ACEVEDO, O.C. *Modelagem do impacto climático na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul devido ao Complexo Energético do Rio das Antas*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, jan. 2002. 97p.
- MORAES, O.L.L. de. *Relatório de monitoramento climático na região de abrangência do empreendimento CERAN*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, abril, 2002. 97p. 29p.
- MORAES, O.L.L. de.; ALVES, R. de C.M. & ACEVEDO, O.C. *Modelagem do impacto meteorológico do Complexo Energético do Rio das Antas na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Universidade Federal de Santa Maria, set.. 2001. 61p.
- MORLAT, R. & ASSELIN, C. Une approche objective des terroirs et typologie des vins en Val de Loire. *C.R.. Acad. Agric. Fr.*, v.79, n.3, 199-212, 1993.
- PEARSON, R.C. & GOHEEN, A.C. *Compendium of grape disease*. St. Paul. APS Press. 1994. 83p.
- PÉGUY, C. P. *Précis de climatologie*. Paris, Masson, 1970. 468 p.
- PIELKE, R.A. *A comprehensive meteorological modeling system*. Beitrage zur Physik der Atmosphere, Germany, 1992.
- RIOU, C. et al. *Le déterminisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne*. Luxembourg, Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, 1994. 322p. (Colaboradores: Norbert BECKER, Vicente SOTES RUIZ, Vicente GOMEZ-MIGUEL, Charles RIOU, Alain CARBONNEAU, M. PANAGIOTOU, Antonio CALO, Angelo COSTACURTA, Rogério de CASTRO, Aguiar PINTO, Carlos LOPES, Luis CARNEIRO, Pedro CLIMACO).
- ROTEM, J. Climatic and weather influences on epidemics. In.: HORSFALL, J.G. & DIMOND, A. E. (ed.). *Plant disease*, vol 2: How disease develops in populations. New York. Academic Press, Inc. 1978. p. 317-337.
- SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J. & HILDEBRAND, P.D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. *Plant Disease* 68: 78-84, 1984.
- THOMPSON, N. The duration of leaf wetness. *Meteorol. Mag.* 110:1-12, 1981.

- TOMANA, T.; UTSUNOMIYA, N. & KATAOKA, I. The effect of environmental temperatures on fruit ripening on the tree. II. The effect of temperatures around whole vines and clusters on the colouration of 'Kyoho' grapes. . *Journal of the Japanese Society of the Horticultural Science*, 48, 261-266, 1979.
- TONIETTO, J. & CARBONNEAU, A. Système de Classification Climatique Multicritères (CCM) Géoviticole. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ZONIFICACION VITIVINÍCOLA, 3., Puerto de la Cruz, Tenerife, 2000. *Annales*. Puerto de la Cruz, Tenerife: OIV/Gesco, 2000. p.1-16 v. II.
- TONIETTO, J. & CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 1999, Bento Gonçalves. *Anais*. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. p.75-90.
- TONIETTO, J. & CARBONNEAU, A. Facteurs mésoclimatiques de la typicité du raisin de table de l'A.O.C. *Muscat du Ventoux* dans le Département de Vaucluse. *Progrès Agricole et Viticole*, v.115, n.12, 271-279, 1998.
- TONIETTO, J. *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation*. Montpellier: École Nationale Supérieure de Agronomie - ENSA-M.. 1999. (Tese de doutorado).
- TREMBACK, C.J. *Numerical Simulation of a mesoscale convective complex*. Colorado State University: Department of Atmospheric Science, 1990.
- VAN DER WAL, A. F. *Moisture as a factor in epidemiology and forecasting*. In.: KOZLOWSKI, T.T. (ed.). *Water deficits and plant growth*. Vol.5. New York. Academic Press. 1978. p. 253-295.
- WINKLER, A.J., COOK, J.A., KLIEWER, W.M. & LIDER, L.A. *General viticulture*. Berkeley, University of California, 1974. 710p.
- ZADOKS, J.C. & SCHEIN, R.D. *Epidemiology and plant disease management*. New York. Oxford university Press. 1979. 427p.

Autores

Os autores deste relatório são pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho da Embrapa:

Jorge Tonietto

Eng.-Agr., Dr., Área de Zoneamento vitivinícola/agroclimatologia

Responsável neste estudo pela avaliação do impacto sobre a fenologia, potencial vitícola e qualitativo da uva.

Lucas da R. Garrido

Eng.-Agr., Dr., Área de Fitopatologia

Responsável neste estudo pela avaliação sobre o impacto sobre a incidência de doenças fúngicas

Olavo Roberto Sônego

Eng.-Agr., M.Sc., Área de Fitopatologia

Responsável neste estudo pela avaliação sobre o impacto sobre a incidência de doenças fúngicas

Colaboradores

Prof. Osvaldo Luiz Leal de Moraes - UFSM

Responsável neste estudo pela modelagem climática realizada para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro.

Prof. Heinrich Hasenack - UFRGS

Responsável pela elaboração da cartografia digital apresentada neste relatório.

ANEXOS

ANEXO 1

Fonte: Tonietto & Carbonneau, 2000.

Índice Heliotérmico - *IH* As 6 classes de clima das regiões vitícolas

Índice Heliotérmico - <i>IH</i>		
Classe do clima	Sigla	Intervalo de classe
<i>Muito frio</i>	<i>IH</i> ₁	≤ 1500
<i>Frio</i>	<i>IH</i> ₂	>1500 ≤ 1800
<i>Temperado</i>	<i>IH</i> ₃	>1800 ≤ 2100
<i>Temperado quente</i>	<i>IH</i> ₄	> 2100 ≤ 2400
<i>Quente</i>	<i>IH</i> ₅	> 2400 ≤ 3000
<i>Muito quente</i>	<i>IH</i> ₆	> 3000

Interpretação das classes

Estas classes são relativamente amplas, significando que dentro de cada classe existem subclasses potenciais. As características teóricas de cada classe de clima *IH* são:

- IH*₁** Na classe de clima vitícola *muito frio*, estão situadas o conjunto de regiões que se encontram unicamente no limite térmico inferior para a videira; nestas condições heliotérmicas apenas as cultivares precoces podem atingir a maturação, sobretudo as cultivares brancas. Nestas condições de inverno muito frio, certas regiões utilizam híbridos, mais resistentes que as cultivares de *Vitis vinifera*.
- IH*₂** Na classe de clima vitícola *frio*, o potencial heliotérmico possibilita maturar uma gama relativamente ampla de uvas, brancas ou tintas, incluindo a Cabernet Franc por exemplo.
- IH*₃** Na classe de clima vitícola *temperado*, as cultivares mais tardias como a Cabernet Sauvignon, a Ugni Blanc e a Syrah podem igualmente atingir a maturação.
- IH*₄** Na classe de clima vitícola *temperado quente* é possível maturar a Carignane por exemplo. Neste caso, não existe mais restrição heliotérmica para a maturação do conjunto de cultivares de interesse comercial (excluindo algumas exceções de cultivares apirenas).
- IH*₅** A classe de clima vitícola *quente* se caracteriza por um potencial que excede as necessidades heliotérmicas para a maturação das cultivares, mesmo as tardias (com alguns riscos de estresse associados).
- IH*₆** Na classe de clima vitícola *muito quente*, além de não haver nenhuma restrição heliotérmica para a maturação das uvas, começam a ser encontrados os climas da zona intertropical, nos quais é possível, em certos casos, a obtenção de mais de uma colheita por ano.

ANEXO 2

Fonte: Tonietto & Carbonneau, 2000.

Índice de Frio Noturno - *IF* As 4 classes de clima das regiões vitícolas

Índice de Frio Noturno - <i>IF</i>		
Classe do clima	Sigla	Intervalo de classe (°C)
<i>De noites quentes</i>	<i>IF</i> ₁	> 18
<i>De noites temperadas</i>	<i>IF</i> ₂	> 14 ≤ 18
<i>De noites frias</i>	<i>IF</i> ₃	>12 ≤ 14
<i>De noites muito frias</i>	<i>IF</i> ₄	≤ 12

Interpretação das classes

O *IF* dá uma idéia do regime térmico implicado no período de maturação da uva. As classes são relativamente amplas, significando que em cada classe existem subclasses potenciais. As características teóricas genéricas de cada classe de clima são apresentadas abaixo:

- IF*₁** Na classe de clima vitícola *de noites quentes*, a região vitícola têm o período de maturação da uva com temperaturas noturnas elevadas para todas as cultivares.
- IF*₂** No clima vitícola da classe *de noites temperadas*, ocorre uma condição intermediária entre os climas vitícolas *de noites frias* e *de noites quentes*. As cultivares mais tardias terão uma maturação em condições de temperaturas noturnas mais baixas que as cultivares precoces.
- IF*₃** Na classe de clima vitícola *de noites frias* a maturação ocorre em condições que podem ser mais ou menos frias em função da precocidade das cultivares. Mas globalmente as condições são mais frias que na classe *IF*₂, de tal maneira que um limite máximo de temperatura noturna favorável à maturação não seja ultrapassado para nenhuma cultivar.
- IF*₄** Na classe de clima vitícola *de noites muito frias* as condições nictotérmicas são baixas e o efeito positivo destas temperaturas depende sobretudo de um potencial heliotérmico capaz de assegurar um bom nível de maturação da uva de uma dada cultivar.

Outros elementos de interpretação

De uma maneira geral, pode-se dizer que em condições nictotérmicas quentes de maturação, a tendência é de verificar-se uma perda de aromas. As cultivares tintas podem igualmente apresentar coloração relativamente fraca. Ao contrário, as condições nictotérmicas frias de maturação, são essencialmente condições favoráveis à coloração e aos aromas das uvas. Estas duas características da uva se exprimem sobretudo em condições heliotérmicas que sejam suficientes, capazes de assegurar a maturação das uvas.

Nas condições nictotérmicas da classe *de noites muito frias*, pode-se encontrar uvas com elevado potencial de cor e aromas se as condições de plena maturação forem asseguradas (a maior parte das regiões produtoras de vinhos brancos reputados estão nesta classe de clima vitícola). Ao contrário, o potencial poderá ser muito franco se as condições para uma boa maturação, sobretudo o potencial heliotérmico, não forem asseguradas.

ANEXO 3

Fonte: Tonietto & Carbonneau, 2000.

Índice de Seca - IS

As 5 classes de clima das regiões vitícolas

Índice de Seca - IS			
Seca	Classe do clima	Sigla	Intervalo de classe (mm)
Ausência	<i>Úmido</i>	IS_{00}	> 150
	<i>Subúmido</i>	IS_0	$\leq 150 > 50$
Presença	<i>De seca moderada</i>	IS_1	$\leq 50 > -100$
	<i>De seca forte</i>	IS_2	$\leq -100 > -200$
	<i>De seca muito forte</i>	IS_3	≤ -200

Interpretação das classes

Dois grandes grupos aparecem primeiramente: o grupo “com ausência de seca” e o grupo “com presença de seca”. Estes 2 grupos se subdividem em classes, nas quais as características teóricas são apresentadas abaixo. Estas classes são relativamente amplas, significando que, dentro de cada classe, existem diferenças hídricas consideráveis, susceptíveis de justificar a subdivisão em subclasses.

Climas com ausência de seca

IS_{00} Se considera que, com um *IS* superior a 150 mm, a classe de clima vitícola é *úmido*, e corresponde à ausência de seca, com um nível de disponibilidade hídrica elevada, tendendo a ser excessiva do ponto de vista da qualidade.

IS_0 Com um *IS* compreendido entre 50 mm e 150 mm, classe de clima vitícola *subúmido*, a condição é também típica de ausência de seca. O valor de 50 mm representa um valor indicativo revelando o aparecimento de uma restrição hídrica para as situações de seca estival freqüente, sendo, portanto, um bom indicador do ponto de mudança da condição de disponibilidade hídrica do solo para a caracterização das regiões com presença ou ausência de seca freqüente.

Climas com presença de seca

IS_1 Dentro do grande grupo “com presença de seca”, o intervalo de *IS* entre 50 mm e -100 mm, classe de clima vitícola *com seca moderada*, apresenta condições climáticas onde a videira estará potencialmente confrontada com um certo nível de seca, responsável por um estresse hídrico moderado. Esta situação, onde a regulação estomática da planta é significativa é geralmente favorável à maturação. A irrigação é observada em certos casos.

IS_2 Entre -100 e -200 mm, classe de clima vitícola *de seca forte*, a seca potencial já é pronunciada, ocasionando freqüentes efeitos de estresse; na maior parte dos casos é corrente a prática da irrigação.

IS_3 No nível inferior a -200 mm, o *IS* caracteriza regiões extremamente deficitárias quanto ao nível de disponibilidade hídrica do solo; são as regiões da classe de clima vitícola *de seca muito forte*, onde a irrigação torna-se obrigatória e onde os riscos graves de estresse são freqüentes.

Comentários suplementares

O valores de *IS* calculado para as diferentes regiões são comparáveis do ponto de vista climático. Do ponto de vista vitícola, a interpretação dos resultados do *IS* de uma região com um W_0 muito diferente, será mais próxima da realidade se tomarmos em consideração igualmente a informação disponível relativa à reserva real de água utilizável pela videira.

ANEXO 4

Temperatura média mensal do ar, em °C, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Monte Belo do Sul/MBS-Pasquali, no período de 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Temperatura média do ar (°C)												Média 1991-2001 *		
	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano										
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000
Janeiro	23,3	23,2	23,1	23,0	22,7	21,9	23,3	25,7	23,9	23,1	21,7	23,8	20,2	23,5	22,9
Fevereiro	23,1	23,0	22,8	22,9	22,4	22,1	21,9	25,4	23,7	21,3	21,4	20,3	22,1	23,9	22,6
Março	21,9	21,9	21,7	21,7	20,4	24,1	20,9	20,8	21,6	20,7	19,7	18,9	22,9	23,6	21,5
Abril	17,6	17,6	17,5	17,5	19,0	18,1	19,5	18,8	19,7	16,9	17,6	17,5	19,8	19,9	18,8
Maió	15,2	15,4	15,2	15,3	14,3	14,2	14,8	15,8	15,1	14,4	17,7	14,3	16,9	19,2	15,5
Junho	12,1	12,2	12,3	12,5	15,4	12,3	12,3	12,9	11,7	14,4	13,4	12,6	17,5	15,8	13,9
Julho	12,4	12,4	12,5	12,6	10,3	12,1	14,2	15,7	10,7	16,7	14,6	11,3	13,9	14,4	13,4
Agosto	13,8	13,8	13,8	13,8	14,4	14,9	15,3	17,1	16,1	16,3	13,9	13,9	16,1	15,7	15,6
Setembro	15,1	15,1	15,0	15,0	15,8	15,9	15,2	16,9	14,9	15,1	16,7	13,8	18,5	17,1	15,9
Outubro	17,9	18,0	17,8	17,8	19,1	16,5	15,1	18,6	18,9	17,6	16,8	18,8	20,5	19,7	18,2
Novembro	19,1	19,1	19,0	18,9	19,1	18,7	18,6	19,9	22,1	21,4	18,3	20,2	20,0	20,9	19,9
Dezembro	22,1	22,2	21,9	21,8	21,1	21,6	20,4	22,2	24,1	23,2	23,2	21,7	21,9	26,9	22,2

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 5

Temperatura média mensal do ar, em °C, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-Vale Aurora, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Temperatura média do ar (°C)												Média 1991-2001*			
	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano											
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994		1993	1992	1991
Janeiro	23,3	23,2	23,1	23,0	23,9	24,1	25,0	24,2	24,9	26,2	25,2	24,5	25,2	28,0	27,9	25,4
Fevereiro	23,1	23,0	22,8	22,9	24,9	22,9	23,8	23,6	26,7	26,1	23,7	24,6	23,7	28,0	26,8	25,0
Março	21,9	21,9	21,7	21,7	24,7	21,6	24,9	21,2	24,2	25,1	22,4	22,0	23,5	24,1	28,4	23,8
Abril	17,6	17,6	17,5	17,5	22,3	19,7	18,1	18,4	21,8	22,3	19,1	19,1	21,8	20,0	23,8	20,6
Maió	15,2	15,4	15,2	15,3	17,1	14,6	15,1	14,6	15,5	18,4	16,2	18,9	17,0	16,6	21,4	16,9
Junho	12,1	12,2	12,3	12,5	15,5	15,5	13,1	12,6	13,2	14,3	15,0	13,8	12,8	16,3	18,2	14,6
Julho	12,4	12,4	12,5	12,6	16,3	10,1	13,1	14,2	14,2	10,2	16,8	12,6	11,6	12,8	17,2	13,6
Agosto	13,8	13,8	13,8	13,8	18,2	14,0	14,7	15,4	15,4	13,9	16,8	13,3	13,0	14,9	20,4	15,5
Setembro	15,1	15,1	15,0	15,0	16,7	16,4	16,7	16,1	16,0	14,5	18,1	16,8	14,9	17,6	21,8	16,9
Outubro	17,9	18,0	17,8	17,8	20,5	19,4	17,5	19,6	18,0	18,5	19,6	19,2	20,3	20,8	24,8	19,8
Novembro	19,1	19,1	19,0	18,9	21,5	20,6	19,4	21,7	21,1	21,6	24,9	19,8	21,2	21,8	24,9	21,7
Dezembro	22,1	22,2	21,9	21,8	22,2	22,6	23,1	23,0	24,2	23,3	26,3	24,0	23,0	25,0	28,6	24,1

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 6

Temperatura média mensal do ar, em °C, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-São Valentin, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano												Média 1991-2001*					
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002		2003	2004	2005	2006	2007
Janeiro	23,3	23,2	23,1	23,0	21,8	21,4	22,3	22,9	23,6	23,6	21,6	21,6	21,0	22,2	22,2	21,6	21,6	21,6	22,2	22,2	21,6	22,1
Fevereiro	23,1	23,0	22,8	22,9	22,8	20,7	21,4	21,1	22,7	22,7	21,3	21,3	21,1	20,1	23,3	21,9	21,9	21,9	23,3	23,3	21,9	21,5
Março	21,9	21,9	21,7	21,7	21,7	19,4	22,6	19,6	20,3	20,3	20,4	20,4	20,2	19,2	22,0	22,3	22,3	22,0	22,0	22,0	22,3	20,7
Abril	17,6	17,6	17,5	17,5	18,2	17,8	16,2	16,9	18,0	18,0	18,8	18,8	17,6	18,3	18,5	19,4	19,4	18,5	18,5	18,5	19,4	17,9
Maió	15,2	15,4	15,2	15,3	13,8	13,2	12,9	13,2	15,0	14,2	14,2	14,2	17,2	14,1	14,4	15,8	14,3	14,4	14,4	14,4	15,8	14,3
Junho	12,1	12,2	12,3	12,5	13,8	14,2	12,0	11,7	12,9	10,6	10,6	10,6	13,5	12,0	13,9	12,3	12,7	13,9	13,9	12,3	12,3	12,7
Julho	12,4	12,4	12,5	12,6	14,0	9,3	12,0	13,3	15,0	9,6	9,6	9,6	13,8	10,6	9,0	12,9	12,3	10,6	9,0	12,9	12,9	12,3
Agosto	13,8	13,8	13,8	13,8	17,1	13,1	14,2	13,6	16,2	15,0	15,0	15,0	14,4	13,3	11,1	15,5	14,5	13,3	11,1	15,5	15,5	14,5
Setembro	15,1	15,1	15,0	15,0	15,1	14,4	15,9	14,3	16,1	13,8	13,8	13,8	17,2	13,9	16,3	15,1	15,1	16,0	13,6	16,3	16,3	15,1
Outubro	17,9	18,0	17,8	17,8	17,7	17,8	15,2	17,7	17,2	17,8	17,8	17,8	18,6	19,2	16,7	17,4	17,4	15,6	16,7	18,3	18,3	17,4
Novembro	19,1	19,1	19,0	18,9	18,4	18,3	17,4	19,5	19,2	20,6	20,6	19,4	20,5	20,5	17,6	19,1	19,1	20,5	17,6	19,2	19,2	19,1
Dezembro	22,1	22,2	21,9	21,8	19,0	20,4	20,9	20,6	23,0	22,5	22,5	22,5	23,9	21,4	20,1	22,2	21,5	22,0	20,1	22,2	22,2	21,5

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 7

Temperatura média mensal do ar, em °C, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico BG-Pinto Bandeira, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Temperatura média do ar (°C)														Média 1991-2001*				
	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano														
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		2010	2011		
Janeiro	23,3	23,2	23,1	23,0	21,2	21,5	21,2	21,8	22,1	22,1	22,1	22,1	20,6	20,8	20,6	21,8	21,0	20,6	21,3
Fevereiro	23,1	23,0	22,8	22,9	20,8	22,8	20,8	20,9	20,6	21,1	21,1	20,2	20,3	19,0	20,3	20,1	21,9	20,7	20,8
Março	21,9	21,9	21,7	21,7	19,2	22,2	19,2	22,1	17,9	18,8	18,8	19,0	18,7	18,8	18,7	19,2	20,2	20,9	19,7
Abril	17,6	17,6	17,5	17,5	18,0	18,9	18,0	15,8	16,3	16,7	16,7	17,4	16,1	15,7	16,1	18,5	17,3	17,6	17,1
Mai	15,2	15,4	15,2	15,3	13,0	13,7	13,0	12,7	13,6	13,1	13,1	13,7	16,0	12,6	16,0	14,1	13,4	16,1	13,8
Junho	12,1	12,2	12,3	12,5	14,3	13,0	14,3	10,9	11,8	11,8	11,8	9,8	11,9	11,6	11,9	11,4	14,8	12,4	12,2
Julho	12,4	12,4	12,5	12,6	9,1	12,5	9,1	9,9	13,0	14,5	14,5	9,3	12,2	13,7	12,2	10,8	9,7	12,5	11,6
Agosto	13,8	13,8	13,8	13,8	13,3	16,8	13,3	12,7	13,2	15,1	15,1	14,4	13,0	13,7	13,0	12,7	12,2	14,5	13,8
Setembro	15,1	15,1	15,0	15,0	14,0	14,5	14,0	14,8	12,7	14,8	14,8	13,0	15,3	14,1	15,3	12,7	13,7	15,5	14,1
Outubro	17,9	18,0	17,8	17,8	17,2	17,8	17,2	15,2	15,8	15,7	15,7	16,8	14,3	14,3	16,3	17,4	15,9	18,2	16,4
Novembro	19,1	19,1	19,0	18,9	18,0	19,0	18,0	17,2	18,7	18,8	18,8	19,3	18,7	18,7	17,1	18,9	16,8	18,9	18,3
Dezembro	22,1	22,2	21,9	21,8	20,2	20,1	20,2	20,5	19,8	22,3	22,3	21,4	20,5	20,5	21,4	20,1	20,3	21,8	20,8

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t

ANEXO 8

Temperatura média mensal do ar, em °C, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-Embrapa Sede, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano																	Média 1991-2001*							
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1991	1992	1993	1994	1995	1996		1997	1998	1999	2000	2001		
Janeiro	23,3	23,2	23,1	23,0	22,6	21,8	23,6	21,8	22,6	21,8	23,6	22,2	22,2	21,8	22,6	21,8	23,6	21,0	22,6	21,0	22,6	21,8	23,6	22,2	22,2	21,1	22,2	21,7	22,1
Fevereiro	23,1	23,0	22,8	22,9	23,4	21,4	22,4	21,4	20,4	21,4	22,4	21,5	21,4	20,4	20,4	21,4	22,4	21,2	22,5	21,2	22,5	21,4	22,4	22,5	22,5	21,5	21,5	21,5	21,6
Março	21,9	21,9	21,7	21,7	22,3	20,0	19,9	20,2	20,2	20,2	19,9	19,5	22,6	20,0	20,2	20,2	19,9	19,7	21,0	20,0	21,0	22,2	20,7	20,7	20,7	20,0	22,2	20,7	20,7
Abril	17,6	17,6	17,5	17,5	19,2	18,5	17,5	18,7	17,3	17,3	17,5	17,5	16,4	18,8	17,3	17,0	18,8	17,0	17,5	18,7	17,5	18,7	17,9	17,9	18,7	17,5	18,7	17,9	17,9
Maió	15,2	15,4	15,2	15,3	13,8	13,5	14,8	14,6	13,8	14,6	14,8	14,3	13,4	14,3	13,8	16,8	14,3	14,2	17,1	14,6	14,2	17,1	14,6	14,6	14,2	17,1	14,6	14,6	
Junho	12,1	12,2	12,3	12,5	13,9	14,7	12,7	11,0	12,7	11,0	12,7	12,4	12,2	12,4	12,7	12,5	12,2	15,1	13,2	13,0	15,1	13,2	13,0	13,0	12,2	15,1	13,2	13,0	13,0
Julho	12,4	12,4	12,5	12,6	12,8	9,7	15,0	10,6	15,0	10,6	15,0	13,9	11,8	9,7	15,0	13,0	11,5	10,4	12,8	12,4	10,4	12,8	12,4	12,4	10,4	12,8	12,4	12,4	12,4
Agosto	13,8	13,8	13,8	13,8	17,5	13,5	15,9	15,5	15,0	15,5	15,9	13,9	14,6	13,5	15,0	13,8	13,7	14,8	14,6	14,8	14,6	14,8	14,6	14,6	13,7	12,6	14,8	14,6	14,6
Setembro	15,1	15,1	15,0	15,0	15,6	14,8	15,4	14,4	15,2	14,4	15,4	14,6	15,9	14,8	15,2	17,2	14,3	15,0	15,8	15,3	15,0	15,8	15,3	15,0	15,0	15,8	15,3	15,3	15,3
Outubro	17,9	18,0	17,8	17,8	19,0	18,2	17,9	17,8	15,8	18,1	19,3	17,9	16,2	18,2	17,8	18,1	19,3	17,2	18,3	17,8	17,2	18,3	17,8	17,8	17,2	18,3	17,8	17,8	17,8
Novembro	19,1	19,1	19,0	18,9	20,0	18,9	20,0	20,5	20,1	18,7	20,0	19,3	17,6	18,9	20,1	18,7	20,0	18,3	18,5	19,3	18,3	18,5	19,3	19,3	18,3	18,5	19,3	19,3	19,3
Dezembro	22,1	22,2	21,9	21,8	20,1	21,0	21,6	22,3	21,8	22,7	21,0	20,5	20,7	21,0	21,8	22,7	21,0	21,5	21,4	21,3	21,5	21,4	21,3	21,3	21,5	21,4	21,4	21,3	21,3

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 9

Umidade relativa média ar, em %, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Monte Belo do Sul/MBS-Pasquali, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Umidade relativa média do ar (%)												Média 1991-2001*			
	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano											
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994		1993	1992	1991
Janeiro	72,9	73,6	72,1	72,4	82,0	78,7	67,1	82,1	67,4	78,0	89,0	74,6	78,2	72,4	70,4	76,4
Fevereiro	74,6	75,3	73,8	74,1	81,6	77,2	73,9	84,7	81,0	77,8	84,2	84,6	79,5	77,6	66,2	78,9
Março	75,5	76,2	74,5	74,8	79,3	81,7	67,4	80,6	69,8	76,4	77,9	80,0	82,5	79,7	72,3	77,1
Abril	77,0	77,7	75,3	75,6	82,6	78,3	77,0	80,0	65,8	74,9	76,7	75,8	76,6	80,7	76,3	76,8
Mai	81,1	81,8	79,0	79,3	83,2	78,7	72,6	78,3	70,5	78,3	80,4	81,1	76,8	83,1	75,7	78,1
Junho	82,0	82,7	78,9	79,2	78,6	79,9	81,4	76,1	75,0	76,7	85,3	74,5	78,6	76,8	79,3	78,4
Julho	82,7	83,4	79,2	79,5	74,6	69,3	80,6	79,5	67,9	74,7	79,3	78,1	80,7	81,5	72,5	76,2
Agosto	79,1	79,8	77,3	77,6	69,5	64,8	64,8	81,9	66,0	71,0	74,9	75,5	60,5	74,8	68,5	70,2
Setembro	73,6	74,3	72,3	72,6	78,3	72,0	71,3	75,4	70,5	72,4	73,8	74,6	68,7	75,0	69,2	72,8
Outubro	73,2	73,9	72,0	72,3	73,0	79,4	76,3	70,6	77,3	70,9	60,5	84,0	75,6	74,2	68,9	73,7
Novembro	71,9	72,6	70,8	71,1	75,1	73,9	71,8	59,8	75,3	68,4	64,1	77,9	72,6	73,5	69,5	71,1
Dezembro	71,3	72,0	70,5	70,8	77,1	75,8	73,6	63,2	69,9	70,9	62,0	79,0	78,6	71,1	73,3	72,2

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 10

Umidade relativa média ar, em %, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-Vale Aurora, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Umidade relativa média do ar (%)												Média 1991-2001*			
	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano											
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000	2001
Janeiro	72,9	73,6	72,1	72,4	79,7	73,5	62,8	80,9	62,3	72,9	74,6	71,3	83,6	69,8	66,1	72,5
Fevereiro	74,6	75,3	73,8	74,1	78,3	73,8	74,2	80,8	75,0	76,0	76,9	85,2	83,6	74,9	70,4	77,2
Março	75,5	76,2	74,5	74,8	74,0	79,6	68,9	80,6	68,0	77,6	77,5	84,1	85,8	82,7	68,8	77,1
Abril	77,0	77,7	75,3	75,6	77,6	79,4	81,3	83,5	67,6	79,7	80,4	86,7	86,1	87,9	79,4	80,9
Mai	81,1	81,8	79,0	79,3	80,2	82,6	77,4	84,1	74,5	78,9	82,0	88,8	82,2	89,6	82,6	82,1
Junho	82,0	82,7	78,9	79,2	82,4	82,2	83,3	82,7	76,9	81,0	81,0	85,5	86,0	88,3	84,7	83,1
Julho	82,7	83,4	79,2	79,5	78,1	75,2	83,3	83,9	77,6	78,7	81,8	78,0	85,9	88,5	78,8	80,9
Agosto	79,1	79,8	77,3	77,6	78,7	70,2	73,8	82,9	78,8	72,0	76,4	77,9	77,0	84,3	69,6	76,5
Setembro	73,6	74,3	72,3	72,6	77,0	69,7	72,1	77,7	79,1	65,8	68,2	68,7	80,0	81,7	70,4	73,7
Outubro	73,2	73,9	72,0	72,3	76,2	75,8	72,7	69,6	80,9	70,5	63,3	74,6	77,6	78,5	68,8	73,5
Novembro	71,9	72,6	70,8	71,1	71,3	68,4	67,0	62,5	77,9	65,1	57,9	64,3	74,2	74,8	65,5	68,1
Dezembro	71,3	72,0	70,5	70,8	73,3	74,3	65,8	67,2	71,6	66,6	54,0	65,3	75,0	71,4	71,2	68,7

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

A N E X O 11

Umidade relativa média ar, em %, no Fundo e no Topo do Vale para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-São Valentim, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Umidade relativa média do ar (%)												Média 1991-2001*			
	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano											
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994		1993	1992	1991
Janeiro	72,9	73,6	72,1	72,4	84,2	78,5	71,1	84,0	71,3	82,1	83,4	73,5	80,6	74,0	66,9	77,2
Fevereiro	74,6	75,3	73,8	74,1	82,8	78,0	79,3	88,0	84,8	81,4	82,2	86,2	84,3	79,9	64,0	81,0
Março	75,5	76,2	74,5	74,8	80,5	80,9	73,1	82,8	72,3	81,3	76,7	80,0	87,9	84,3	70,3	79,1
Abril	77,0	77,7	75,3	75,6	84,4	78,9	83,2	85,6	70,2	78,8	76,2	81,2	82,9	82,7	77,1	80,1
Mai	81,1	81,8	79,0	79,3	84,2	78,8	79,5	84,5	74,1	81,0	78,7	86,0	82,1	84,8	76,6	80,9
Junho	82,0	82,7	78,9	79,2	80,3	79,7	83,0	80,4	78,4	84,8	81,3	76,4	80,8	79,7	84,0	80,8
Julho	82,7	83,4	79,2	79,5	76,0	68,0	82,0	82,1	75,9	79,8	78,0	74,4	83,1	83,5	74,1	77,9
Agosto	79,1	79,8	77,3	77,6	73,0	65,9	65,8	85,5	72,3	71,4	72,0	72,4	66,9	78,3	71,4	72,3
Setembro	73,6	74,3	72,3	72,6	78,1	73,8	69,2	79,8	77,4	73,7	69,0	70,8	79,6	78,1	71,9	74,7
Outubro	73,2	73,9	72,0	72,3	72,9	79,3	76,4	76,0	83,2	79,3	68,2	80,8	79,0	75,8	72,3	76,7
Novembro	71,9	72,6	70,8	71,1	72,8	72,6	67,6	63,6	82,6	74,3	67,7	76,1	69,7	71,3	72,9	71,9
Dezembro	71,3	72,0	70,5	70,8	73,3	77,3	72,0	68,8	76,4	73,4	63,8	69,3	76,4	71,4	75,6	72,5

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 12

Umidade relativa média ar, em %, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico BG-Pinto Bandeira, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Fundo do Vale		Topo do Vale		Umidade relativa média do ar (%)													Média 1991-2001*
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	Ano													
					1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Janeiro	72,9	73,6	72,1	72,4	82,2	79,1	71,7	83,8	78,3	86,3	82,8	77,4	80,4	80,4	75,1	70,0	78,8	
Fevereiro	74,6	75,3	73,8	74,1	81,5	80,0	78,3	87,8	89,7	85,0	82,4	88,7	81,4	80,3	68,0		82,1	
Março	75,5	76,2	74,5	74,8	77,8	82,0	70,7	84,1	78,0	83,3	79,6	82,3	85,0	86,6	72,3		80,2	
Abril	77,0	77,7	75,3	75,6	82,0	78,8	80,4	85,6	70,4	81,9	78,5	81,2	79,0	87,5	78,5		80,3	
Mai	81,1	81,8	79,0	79,3	83,1	78,8	76,3	83,8	73,7	81,4	81,4	82,6	81,0	86,8	75,0		80,4	
Junho	82,0	82,7	78,9	79,2	80,3	81,9	82,0	81,0	78,6	82,7	81,4	77,0	78,0	77,9	84,6		80,5	
Julho	82,7	83,4	79,2	79,5	77,0	70,5	83,8	82,6	76,0	80,0	77,6	78,1	81,0	82,8	73,0		78,4	
Agosto	79,1	79,8	77,3	77,6	73,9	68,5	68,2	86,1	71,2	71,7	73,3	71,1	65,0	81,0	74,5		73,1	
Setembro	73,6	74,3	72,3	72,6	75,8	77,3	73,7	82,9	77,8	76,6	74,7	73,3	81,0	80,7	75,0		77,2	
Outubro	73,2	73,9	72,0	72,3	71,6	80,7	77,3	74,4	85,9	78,0	73,2	84,0	81,0	78,6	73,5		78,0	
Novembro	71,9	72,6	70,8	71,1	73,6	72,5	71,4	66,0	82,1	77,7	71,8	75,3	72,0	75,0	73,8		73,7	
Dezembro	71,3	72,0	70,5	70,8	74,2	75,0	72,6	69,3	75,5	81,8	67,8	73,4	80,0	72,1	77,7		74,5	

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 13

Umidade relativa média ar, em %, no Fundo e no Topo do Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-Embrapa Sede, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho)

Mês	Fundo do Vale		Topo do Vale		Ano													Média 1991-2001*
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Cenário Atual	Cenário Futuro	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001			
					72,9	73,6	72,1	72,4	74,8	71,1	81,4	71,9	79,8	79,3	77,4	83,0	79,3	
Janeiro	74,6	75,3	73,8	74,1	72,7	79,0	81,8	84,0	79,3	77,4	83,0	79,3	79,1	68,7	78,2			
Fevereiro	75,5	76,2	74,5	74,8	77,3	73,2	79,9	71,7	78,4	71,7	77,8	81,0	80,7	69,4	75,9			
Março	77,0	77,7	75,3	75,6	74,4	81,3	83,6	70,2	76,9	71,6	81,1	78,4	81,1	76,1	77,7			
Abril	81,1	81,8	79,0	79,3	74,5	75,2	83,4	74,4	78,4	74,6	85,6	79,4	81,7	74,0	78,4			
Mai	82,0	82,7	78,9	79,2	75,5	79,4	77,9	78,2	81,5	78,5	78,9	76,2	78,1	81,1	78,3			
Junho	82,7	83,4	79,2	79,5	65,8	79,2	80,0	74,1	77,6	75,6	76,4	82,0	81,5	73,5	76,2			
Julho	79,1	79,8	77,3	77,6	62,3	60,6	85,7	72,1	71,4	69,7	71,2	68,8	76,3	72,5	70,5			
Agosto	73,6	74,3	72,3	72,6	68,1	66,5	80,2	75,4	74,2	69,9	67,1	78,0	76,3	72,4	72,9			
Setembro	73,2	73,9	72,0	72,3	69,3	74,9	72,1	79,8	76,4	67,1	76,3	75,4	74,8	71,2	73,9			
Outubro	71,9	72,6	70,8	71,1	70,0	69,3	66,3	63,0	73,1	68,0	70,3	68,9	70,9	73,8	70,0			
Novembro	71,3	72,0	70,5	70,8	71,8	67,4	68,4	73,8	74,8	64,6	69,5	75,0	70,6	77,0	71,3			
Dezembro																		

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 14

Precipitação pluviométrica mensal, em mm, no Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Monte Belo do Sul/MBS-Pasquali, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Topo e Fundo do Vale		Precipitação pluviométrica (mm)													Média 1991-2001*
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Ano													
			2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991			
Janeiro	135,0	136,0	256,3	125,5	97,1	203,0	77,4	343,8	141,8	44,8	273,2	136,2	72,5	161,1		
Fevereiro	139,0	140,0	87,6	71,9	115,8	213,2	183,0	251,2	154,5	188,8	43,0	142,5	35,6	135,2		
Março	130,0	130,5	96,6	190,6	63,4	143,1	70,8	141,6	116,5	115,6	81,6	165,6	22,4	109,8		
Abril	105,0	105,0	275,4	123,1	141,0	170,3	38,0	102,6	141,6	194,8	49,8	161,6	143,7	140,2		
Mai	130,0	130,0	95,2	61,0	125,5	116,9	64,8	35,4	30,3	196,4	164,2	187,4	21,0	99,8		
Junho	190,0	190,0	131,7	173,7	115,4	88,1	128,6	141,4	149,5	137,0	162,4	126,9	228,1	143,9		
Julho	185,0	185,0	286,3	139,5	181,4	165,2	112,3	85,2	225,6	217,6	201,2	212,4	138,7	178,7		
Agosto	144,0	144,0	43,8	149,8	64,8	206,9	267,3	158,8	66,6	107,2	32,6	119,6	98,0	119,6		
Setembro	165,0	165,0	271,1	215,7	124,3	185,3	80,0	147,3	169,9	110,1	139,2	173,3	58,8	152,3		
Outubro	160,0	160,0	188,2	194,7	199,6	74,4	338,7	173,4	73,3	271,4	102,4	74,9	133,1	165,8		
Novembro	150,0	150,5	184,0	183,8	122,2	71,0	307,6	68,4	53,0	108,6	126,4	90,3	34,8	122,7		
Dezembro	150,0	151,0	128,1	194,3	126,5	93,8	152,6	74,0	103,8	290,4	201,0	73,4	217,0	150,4		

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 15

Precipitação pluviométrica mensal, em mm, no Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-Vale Aurora, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Precipitação pluviométrica (mm)												Média 1991-2001*	
	Topo e Fundo do Vale		Ano											
	Cenário Atual	Cenário Futuro	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992		1991
Janeiro	135,0	136,0	252,5	145,3	91,7	150,5	117,8	341,3	130,9	51,0	245,4	139,5	63,6	157,2
Fevereiro	139,0	140,0	95,7	91,6	128,9	193,1	162,4	247,6	184,4	187,0	51,4	150,8	35,0	138,9
Março	130,0	130,5	87,3	217,8	83,1	157,0	69,8	167,8	133,1	115,5	73,0	164,0	19,0	117,0
Abril	105,0	105,0	282,3	119,3	147,5	174,3	53,9	78,4	156,8	218,2	55,0	145,8	143,4	143,2
Mai	130,0	130,0	93,0	63,5	130,1	111,6	53,9	33,0	33,0	209,0	181,4	178,9	19,8	100,7
Junho	190,0	190,0	118,2	181,0	113,4	96,8	125,6	163,2	156,0	128,1	155,5	137,0	214,9	144,5
Julho	185,0	185,0	279,0	140,9	189,4	170,6	117,4	71,0	223,4	201,4	192,5	229,7	144,0	178,1
Agosto	144,0	144,0	37,0	150,1	70,4	220,0	298,7	161,6	70,9	105,5	28,2	119,3	97,8	123,6
Setembro	165,0	165,0	253,1	214,9	134,6	184,9	96,7	136,6	178,1	106,8	128,0	188,2	45,4	151,6
Outubro	160,0	160,0	145,8	200,5	193,9	80,9	336,0	164,8	71,6	279,9	100,9	98,8	142,0	165,0
Novembro	150,0	150,5	188,7	215,0	142,0	78,8	288,4	68,4	66,4	109,4	143,8	88,5	42,0	130,1
Dezembro	150,0	151,0	133,4	227,3	142,4	91,0	134,8	78,3	100,6	282,0	203,2	68,7	270,6	157,5

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 16

Precipitação pluviométrica mensal, em mm, no Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-São Valentim, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Topo e Fundo do Vale		Precipitação pluviométrica (mm)																			Média 1991-2001*
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Ano																			
			2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991									
Janéiro	135,0	136,0	192,0	203,0	95,4	219,7	75,4	368,8	94,1	53,4	204,2	181,6	63,6	159,2								
Fevereiro	139,0	140,0	64,0	68,6	151,1	203,1	213,7	269,8	199,2	195,0	82,0	130,2	37,8	146,8								
Março	130,0	130,5	88,2	143,5	44,7	142,8	25,0	142,8	107,5	198,0	88,6	204,2	47,0	112,0								
Abril	105,0	105,0	259,1	127,7	175,4	155,6	78,4	89,7	158,2	194,4	86,2	143,0	130,5	145,3								
Maió	130,0	130,0	108,2	55,0	126,0	127,5	57,2	37,3	33,3	201,9	189,6	205,4	25,4	106,1								
Junho	190,0	190,0	135,0	181,5	106,1	91,7	120,4	171,4	185,2	144,7	158,7	147,8	229,4	152,0								
Julho	185,0	185,0	326,9	134,3	173,7	188,6	104,8	79,8	251,8	225,1	216,2	226,6	136,9	187,7								
Agosto	144,0	144,0	70,6	133,5	54,0	246,0	299,4	178,8	83,0	109,0	30,5	157,6	81,4	131,3								
Setembro	165,0	165,0	224,4	192,0	129,5	193,8	71,6	157,0	156,9	112,4	119,3	190,2	60,0	146,1								
Outubro	160,0	160,0	164,1	210,1	187,4	97,7	366,0	201,6	76,1	291,5	126,9	74,8	146,0	176,6								
Novembro	150,0	150,5	170,3	199,4	155,8	65,6	270,1	105,2	77,4	112,2	123,6	108,4	65,6	132,1								
Dezembro	150,0	151,0	159,5	187,7	154,1	91,4	245,6	133,2	107,0	189,4	167,4	64,0	246,9	158,7								

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 17

Precipitação pluviométrica mensal, em mm, no Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico BG-Pinto Bandeira, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Topo e Fundo do Vale		Precipitação pluviométrica (mm)												Média 1991-2001*
	Cenário Atual	Cenário Futuro	Ano												
			2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991		
Janeiro	135,0	136,0	214,1	166,6	140,2	221,2	102,8	393,5	95,6	65,8	239,9	125,0	56,8	165,6	
Fevereiro	139,0	140,0	60,0	60,0	153,6	203,6	200,2	240,5	195,6	176,8	73,8	130,8	38,7	139,4	
Março	130,0	130,5	122,4	172,3	47,6	106,4	28,0	135,4	98,0	130,9	97,0	106,9	60,4	100,5	
Abril	105,0	105,0	262,2	106,8	141,2	149,8	62,2	118,6	175,8	208,0	97,9	136,8	170,1	148,1	
Mai	130,0	130,0	104,4	51,2	107,6	145,4	62,4	34,0	45,6	194,4	182,8	216,2	23,0	106,1	
Junho	190,0	190,0	129,2	175,4	92,4	89,0	115,4	221,0	147,6	141,2	178,0	125,0	221,7	148,7	
Julho	185,0	185,0	285,2	139,8	174,3	190,8	96,7	101,4	250,8	211,6	227,0	216,2	135,4	184,5	
Agosto	144,0	144,0	44,6	123,4	58,2	238,2	322,2	174,6	81,7	114,4	33,8	165,2	78,4	130,4	
Setembro	165,0	165,0	245,8	180,4	123,3	204,2	81,2	142,8	170,6	113,4	138,4	177,9	57,0	148,6	
Outubro	160,0	160,0	159,2	235,0	168,2	88,0	317,4	209,2	77,0	282,2	118,5	84,9	152,7	172,0	
Novembro	150,0	150,5	209,4	132,0	140,0	104,0	264,6	85,6	76,8	118,8	155,4	116,6	60,3	133,0	
Dezembro	150,0	151,0	138,4	171,8	174,8	92,4	230,8	108,2	155,6	169,4	215,1	59,1	256,6	161,1	

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 18

Precipitação pluviométrica mensal, em mm, no Vale do Rio das Antas para o Cenário Atual e para o Cenário Futuro (dados modelados, UFSM), e dados observados no Posto Agrometeorológico de Bento Gonçalves/BG-Embrapa Sede, período 1991-2001; (Embrapa Uva e Vinho).

Mês	Precipitação pluviométrica (mm)													Média 1991-2001*
	Topo e Fundo do Vale		Ano											
	Cenário Atual	Cenário Futuro	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	
Janeiro	135,0	136,0	215,4	190,6	87,2	150,3	119,2	344,1	112,8	322,1	246,9	74,7	178,8	
Fevereiro	139,0	140,0	94,9	62,8	117,6	181,1	178,6	258,5	209,6	46,6	121,7	43,4	137,7	
Março	130,0	130,5	81,7	174,6	52,8	148,8	44,2	139,7	127,0	86,3	136,4	30,2	104,3	
Abril	105,0	105,0	248,2	153,5	159,0	157,5	50,1	102,7	159,1	90,5	169,1	148,3	152,4	
Mai	130,0	130,0	86,0	52,8	119,0	138,3	68,0	35,0	34,4	170,2	200,9	33,5	103,6	
Junho	190,0	190,0	125,6	181,7	111,2	97,5	138,0	205,9	168,2	155,1	127,5	236,1	152,1	
Julho	185,0	185,0	275,3	122,9	167,2	186,9	111,0	86,1	236,5	208,7	230,5	142,0	181,3	
Agosto	144,0	144,0	45,5	130,0	64,3	231,9	293,6	176,0	83,4	52,3	121,5	77,7	125,8	
Setembro	165,0	165,0	238,8	216,8	129,4	187,8	88,3	141,2	173,5	118,5	192,3	59,8	150,9	
Outubro	160,0	160,0	152,1	207,8	167,6	76,1	318,9	184,4	79,0	107,2	69,3	138,1	159,4	
Novembro	150,0	150,5	182,0	134,7	140,5	63,8	280,4	111,2	65,2	111,8	91,1	61,2	124,0	
Dezembro	150,0	151,0	108,0	194,9	121,7	88,8	160,3	100,0	119,9	177,1	110,0	256,3	151,9	

* Valores utilizados para comparação, utilizando o teste t.

ANEXO 19

LISTA DAS PRINCIPAIS SIGLAS UTILIZADAS NESTE RELATÓRIO

- AT – Amplitude Térmica (°C)
- CA – Cenário Atual
- CF – Cenário Futuro
- ETP - Evapotranspiração potencial, pelo método de Penman (mm)
- F.V. – Fundo do Vale
- FN – Frio Noturno (°C)
- I - Insolação (horas)
- *IF* – Índice de Frio Noturno (°C)
- *IH* – Índice heliotérmico de Huglin
- *IS* - Índice de Seca (mm)
- P - Precipitação pluviométrica (mm)
- RAMS – Regional Atmospheric Modeling System
- Rg - Radiação solar (cal/cm²)
- ST – Soma Térmica (graus-dia)
- T - Temperatura média do ar (°C)
- T.V. – Topo do Vale
- Tn - Temperatura mínima do ar (°C)
- Tx - Temperatura máxima do ar (°C)
- UR - Umidade relativa do ar (%)
- V - Velocidade média do vento (m/s)
- W>200 – Índice de Balanço Hídrico (mm)