



# Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul

Bernadete Radin<sup>(1)(\*)</sup>, Ronaldo Matzenauer<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro Estadual de Meteorologia – CEMETRS – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária- FEPAGRO. Rua Goncalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS.

Autor para correspondência: radin@fepagro.rs.gov.br

## INFORMAÇÕES

### História do artigo:

Recebido em 21 de julho de 2015

Aceito para publicação em 17 de agosto de 2015

### Termos para indexação:

agrometeorologia,  
clima,  
previsão,  
inovações.

## RESUMO

Não há nenhum segmento da cadeia produtiva agrícola que não seja influenciado pelas condições meteorológicas. Elas influenciam desde a semeadura/plantio até o transporte e armazenamento dos produtos, sendo de fundamental importância que se faça uso das informações meteorológicas e climáticas para melhor gestão da propriedade. Para melhor entendimento dessa importância, fez-se uma revisão da literatura sobre o assunto e realizou-se uma análise dos produtos que foram ou que são elaborados pelos pesquisadores do Centro Estadual de meteorologia – CemetRS/FEPAGRO. Há mais de 60 anos essa Instituição monitora dados de temperatura do ar e do solo, umidade do ar e do solo, radiação solar, precipitação pluvial, entre outros elementos meteorológicos. Também tem gerado análises e produtos derivados dessas informações como: análises da distribuição da precipitação e da temperatura tanto no tempo quanto espacialmente no estado do Rio Grande do Sul, análises das horas de frio, somas térmicas, necessidades hídricas das culturas, zoneamentos agrícolas, entre outros produtos. Mais recentemente tem elaborado e divulgado a previsão de tempo e clima para o Estado. Mas, apesar dos trabalhos já realizados, ainda há muitos desafios a serem alcançados, muitos produtos a serem gerados e necessidade de maior interatividade com os usuários desses produtos.

© 2016 SBAgro. Todos os direitos reservados.

## 1. Introdução

A produção agrícola é altamente dependente de recursos naturais, como solo, água e condições climáticas favoráveis, por isso a agrometeorologia ou meteorologia agrícola, uma das áreas da ciência, coloca os conhecimentos da meteorologia a serviço da agricultura. Essa ciência é voltada para o atendimento das demandas do setor agrícola visando reduzir os riscos climáticos associados ao setor, de forma a elevar a produtividade, reduzir o risco econômico envolvido na atividade, buscando uma agricultura

sustentável. Tem caráter multidisciplinar, que reúne conhecimentos diversos em várias disciplinas agrônomicas e envolve a análise e o entendimento das relações entre o ambiente físico e os processos biológicos relacionados às atividades agrícolas (BAMBINI, 2011; BAMBINI et al., 2014; TEMPLETON et al., 2014). Além disso, as condições meteorológicas e climáticas podem afetar práticas agrícolas, tais como preparo do solo, semeadura, irrigação, colheita, bem como a relação entre plantas e microorganismos, insetos, fungos e bactérias, o que pode favorecer ou ocultar a ocorrência de pragas ou doenças, as quais exigem medidas de

controle adequadas (GHINI et al., 2011). A qualidade dos produtos durante o transporte do campo para o armazenamento e deste para o mercado também é dependente das condições meteorológicas (DAS et al., 2010). Assim, não há qualquer aspecto, durante o ciclo de culturas, que não seja influenciado pelas condições do tempo. Fatores climáticos contribuem em todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, no entanto, a influência é diferente entre culturas, entre as diferentes variedades dentro de uma mesma cultura, e entre os diferentes estádios de desenvolvimento dentro da mesma variedade (DAS et al., 2010).

Desta forma, considerando a grande importância das condições meteorológicas para a agricultura, o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para apoiar os processos de decisão ao nível da propriedade. Adicionalmente, bases de dados organizadas e confiáveis são importantes para o desenvolvimento de estudos e pesquisas em agrometeorologia, visando aumentar a base de conhecimento com o intuito de prover soluções para os problemas enfrentados pela agricultura (BAMBINI, 2011).

A demanda por informações agrometeorológicas oportunas e eficazes para aplicações por parte dos agricultores é crescente. O tipo de informação necessária sobre as condições meteorológicas para um processo de tomada de decisão depende da natureza da própria decisão. Por exemplo, as previsões de tempo de curto prazo são utilizadas na tomada de decisões operacionais diárias, enquanto as análises de dados climáticos passados são especialmente úteis para decisões de planejamento. As previsões sobre o potencial de incidência de doenças e pragas são geralmente baseadas em condições atuais e de condições passadas de tempo em uma área de cultivo e tipo específico de cultura (SIVAKUMAR, 2006).

Devido à importância constatada, o uso potencial de previsões sazonais na produção agrícola tem sido uma área ativa de pesquisa nos últimos anos. As aplicações não são simples e diretas, e as informações prestadas podem não ser percebidas como suficientemente precisas ou relevantes (VOGEL & O'BRIEN 2006). Embora as previsões sazonais tenham sido emitidas rotineiramente nas últimas décadas em algumas partes do mundo, a sua divulgação eficaz e o uso sistemático para gerenciar riscos climáticos na agricultura representam uma inovação em relação à maioria das outras tecnologias agrícolas (THORNTON, 2006).

O cenário agrícola mundial desafia a capacidade dos cientistas em continuar a aumentar a produtividade por área, pois a ampliação de novas áreas está bastante limitada. Como a agricultura de sequeiro continua a ser o principal modo de produção agrícola, especialmente nos países em desenvolvimento, melhorias na produtividade por unidade de área nos ecossistemas, são imprescindíveis. Para isso, há uma necessidade de uma maior compreensão dos efeitos do clima e da variabilidade climática sobre a taxa

de crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas de sequeiro, e de melhores métodos de gerenciamento dos riscos associados às variáveis de tempo e clima, sendo que as aplicações de meteorologia agrícola são cruciais (SIVAKUMAR, 2006).

Sistemas de dados meteorológicos e de clima são necessários para a geração de produtos, análises e previsões que afetam o cultivo e para a gestão das decisões agrícolas, manejo de irrigação, mercados de commodities, prevenção para calamidades, e conservação do ecossistema. Há evidências convincentes disponíveis a partir de diferentes partes do mundo de que a aplicação criteriosa de conhecimento e informação meteorológica, climatológica e hidrológica, incluindo previsões mais amplas, ajuda muito a comunidade agrícola no desenvolvimento e operação de sistemas agrícolas e aumentam a produção de forma ambientalmente sustentável (SIVAKUMAR, 2006).

Oportunidades para a utilização de previsões climáticas sazonais surgem em situações em que há uma combinação de previsibilidade climática, resposta do sistema e capacidade de decisão (HANSEN, 2002). Nesses casos, as previsões climáticas podem aumentar a prevenção por parte dos agricultores e levar a melhores resultados econômicos e ambientais em longo prazo. A previsão climática hábil reduz a incerteza. Esta informação permite que os agricultores adaptem melhor as suas decisões de gestão às condições climáticas futuras, atenuando assim o problema (MEZA et al., 2008). Também segundo Das et al. (2010) o efeito positivo da previsão do tempo na agricultura é maximizado se os meteorologistas estiverem cientes das necessidades dos agricultores e os agricultores estiverem preparados em como fazer o melhor uso das previsões que estão disponíveis.

Conforme Cunha (2001) numa previsão de tempo (weather forecast) ou numa previsão de clima (climate forecast), pelo menos três componentes podem ser claramente identificados. O primeiro deles diz respeito à previsão propriamente dita, e envolve a estrutura dos serviços meteorológicos operacionais, desde o sistema de observação da atmosfera até os métodos empregados para elaborar as previsões. O segundo é a etapa de comunicação das previsões. O terceiro está atrelado ao uso da previsão como ferramenta de suporte à tomada de decisões. E, sob a ótica dos benefícios sociais das previsões meteorológicas, esses três componentes devem ser sempre vistos como parte do processo maior de previsão, ocorrendo paralelamente e estando intimamente relacionados. Para que os recursos investidos em ciência e tecnologia na área de previsões meteorológicas revertam de forma positiva para a sociedade, é necessário que haja equilíbrio e êxito nas três etapas do processo de previsão. Segundo Breuer et al. (2008) e Fraisse et al. (2006) as previsões e dados históricos sobre o clima se tornam mais valiosos para os agricultores se eles

são apresentados como ferramentas de apoio à decisão em linguagem não técnica e que deve haver interatividade, ou seja, além das informações meteorológicas devem ser acrescentadas as informações por parte dos agricultores, como data de plantio, cultura e variedade utilizadas, etc.

Cada cultura ou cada estágio de crescimento e desenvolvimento responde de uma forma diferente às condições meteorológicas que são específicas para cada local. A geografia das culturas pode variar desde grandes ou pequenas áreas, com monoculturas ou com diversas culturas em uma mesma área; com isso, a exigência para as previsões irá variar entre e dentro das estações do ano, a partir de um lugar para outro, para cada cultura, e com o tipo de operação que cada cultura exige.

Segundo Hansen (2005) avanços na previsão climática sazonal estimularam o interesse na previsão de rendimento das culturas como um meio de melhorar a gestão agrícola e intervenções em nível de políticas de uma forma a reduzir o risco e aumentar a sustentabilidade e a segurança alimentar, particularmente em regiões marginais e sem irrigação. Inspirado pelo sucesso do sistema de análise e simulação, biólogos e agrônomos aplicaram técnicas semelhantes para avaliar a resposta dos sistemas agrícolas às diferentes condições meteorológicas através dos modelos de simulação de culturas. Essa abordagem tem sido a representação matemática de crescimento e desenvolvimento da cultura, com o objetivo de estimar a produtividade da cultura em função das condições climáticas e do solo, bem como de manejo da cultura. Há uma grande variedade de modelos, que vão desde modelos estatísticos empíricos para os modelos baseados em processos fisiológicos (MEZA et al., 2008). Segundo Hansen (2005) o desenvolvimento de modelos de simulação de crescimento de culturas foi inicialmente visto como uma forma de integrar o conhecimento dos processos individuais para obter conhecimento sobre as interações e, com isso, utilizar a capacidade de previsão para testar hipóteses. Esses modelos mais complexos são vistos como uma forma de aumentar a possibilidade de transferência dos resultados da pesquisa agrônômica tradicional em face da heterogeneidade ambiental.

Ao longo das últimas décadas, há uma maior consciência sobre a importância de proteger o meio ambiente, adaptação às alterações climáticas, preocupação sobre a perda de biodiversidade, sobre como lidar com os impactos da seca e desertificação, sobre garantir a segurança alimentar e promover o desenvolvimento sustentável (SIVAKUMAR, 2006). Concomitante à necessidade crescente de informações agrometeorológicas, o desenvolvimento nas comunicações e mídia eletrônica, em especial o ciberespaço em constante expansão através da web, está colocando maior demanda em serviços agrometeorológicos operacionais. A importância das informações do clima para que o produtor ajuste suas operações em função das previsões me-

eteorológicas variaram geograficamente (BREUER et al., 2008). Estratégias de preparação para lidar com o impacto dos eventos meteorológicos extremos exigem melhores informações e sistemas de monitoramento e de alerta eficazes. Também há muita ênfase em uma melhor divulgação e aplicação das previsões climáticas, em particular o El Niño/La Niña, para aumentar e manter a produtividade agrícola.

Os serviços operacionais da meteorologia para a agricultura no RS tiveram sua história iniciada em 1956, quando da criação do Serviço de Ecologia Agrícola na Secretaria da Agricultura/RS. Atualmente o Centro Estadual de Meteorologia do Rio Grande do Sul (CEMETRS) está inserido na estrutura da Fundação Estadual de pesquisa Agropecuária, vinculada da Secretaria da Agricultura e Pecuária. Desde a sua criação até agora, sofreu varias alterações de nome até ter a denominação atual.

A partir da sua criação iniciou a implantação da rede de estações agrometeorológicas, quando foram instaladas as primeiras estações do CemetRS. As mesmas faziam a medição e/ou registro de vários elementos meteorológicos, tais como: precipitação pluvial, temperatura do ar e do solo (gramado e descoberto ou desnudo), umidade relativa do ar, insolação, radiação solar global, evaporação de tanque classe A, direção e velocidade do vento, entre outros elementos. Os registros eram realizados através de equipamentos mecânicos, alguns dos quais faziam a leitura continuamente, onde as informações ficavam registradas em gráficos e outras eram pontuais e coletadas por “observadores meteorológicos”, os quais faziam as leituras em três horários diários: às 9h, às 15h e às 21h, de acordo com as normas da OMM (Organização Meteorológica Mundial). Segundo registros históricos, a rede de estações agrometeorológicas, no seu auge, era constituída pelas seguintes estações (figura 1) por ordem cronológica de instalação.

Segundo informação de Berlatto (ainda não publicado) essa Rede foi considerada, nas décadas de 1970 e 1980, como pioneira e das melhores do País, para estudos agrometeorológicos e agroclimáticos. Várias dessas estações funcionaram, ininterruptamente, por mais de 40 anos. Pela aposentadoria dos observadores e também pela falta de condições de manutenção da qualidade dos equipamentos, as estações meteorológicas convencionais foram sendo gradativamente fechadas e, a partir de 2005 iniciou-se a instalação da rede de estações meteorológicas automáticas, que ainda conta com um número incipiente e abaixo do adequado para monitorar todo o Estado. A partir desses dados foram e são gerados alguns produtos que são direcionados para o uso na agricultura. Para melhor compreender esse tema, foi realizada uma revisão de literatura e foram descritos alguns dos produtos gerados pelo Centro Estadual de meteorologia do Rio Grande do Sul e sua importância para as atividades agrícolas do Estado.

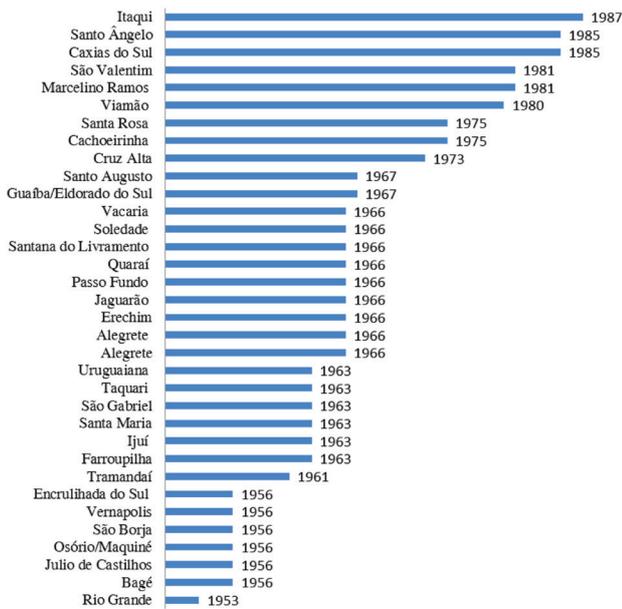


Figura 1. Ano de instalação das estações meteorológicas convencionais no Estado do Rio Grande do Sul.

## 2. Material e Métodos

O presente trabalho utilizou como referência informações do estado do Rio Grande do Sul, o qual compreende uma área de aproximadamente 282.000 km<sup>2</sup>, e que cultivou na safra 2014/15 cerca de 7 milhões de hectares de culturas anuais de grãos. Segundo a classificação climática de Köppen a qual se baseia, principalmente, nas características térmicas e na distribuição sazonal da precipitação, na classificação para o Estado encontra-se os tipos climáticos Cfa e Cfb. O tipo climático Cfb é encontrado na região da Serra do Nordeste e nas partes mais elevadas das regiões do Planalto Superior e Serra do Sudeste. Nas outras regiões, o clima é do tipo Cfa (KUIECHTNER & BURIOL, 2001). Mas, em função da grande extensão do Estado e das diferenças topográficas algumas diferenças espaciais são omitidas. Por isso Maluf & Ciafo (2001), em função da similaridade das regiões, dividiram o estado em 11 regiões ecoclimáticas.

A geração de produtos para utilização na agricultura como mapas de ocorrência de chuvas, em diferentes escalas, cálculo do Balanço hídrico, do Índice de satisfação de necessidades hídricas para as culturas, os zoneamento agrícolas e de risco climático para diferentes culturas tiveram e tem como base os dados meteorológicos coletados em diferentes estações e ao longo de muitos anos e serão apresentados neste trabalho.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Precipitação pluvial

Os principais produtos gerados pelo CemetRS são o monitoramento e a divulgação de informações meteorológicas, as análises climáticas e os estudos sobre o impacto do tempo e do clima sobre a produção agropecuária no Rio grande do Sul. Dos elementos meteorológicos, a precipitação pluvial é a variável mais importante e demandada para os estudos agrometeorológicos e climáticos. O estado do Rio Grande do Sul apresenta grande variabilidade espacial da precipitação pluvial, conforme pode ser observado na Figura 2. A precipitação anual (dados de 1975-2006) varia de, aproximadamente 1200 até 2000 mm dependendo da região (WREGGE et al., 2011). No extremo sul, litoral e o extremo sul do baixo Vale do Uruguai são as regiões onde a precipitação é menor e, na metade norte são verificados os maiores volumes de chuva. Ao longo das estações do ano a precipitação é relativamente bem distribuída, a qual, segundo levantamento de 1976-2010, utilizando-se a informação de 14 localidades é de 25% no verão (DJF), 24% no outono (MAM), 22% no inverno (JJA) e 28% na primavera (SON). No entanto, esse padrão apresenta diferenças entre os locais conforme pode ser verificado pela Figura 3. Na região Oeste do estado observa-se que o inverno é, acen-tuadamente, menos chuvoso que nas outras estações, já na parte da metade leste não se observa este padrão. A primavera é a mais chuvosa que as outras estações na maioria dos locais.

Apesar da relativa uniformidade da precipitação entre as estações do ano, há uma grande variabilidade interanual e, muitas vezes, essa variabilidade climática não recebe a atenção que merece. O cultivo agrícola de sequeiro, adotado na maior parte das áreas no Rio Grande do Sul, é afetado

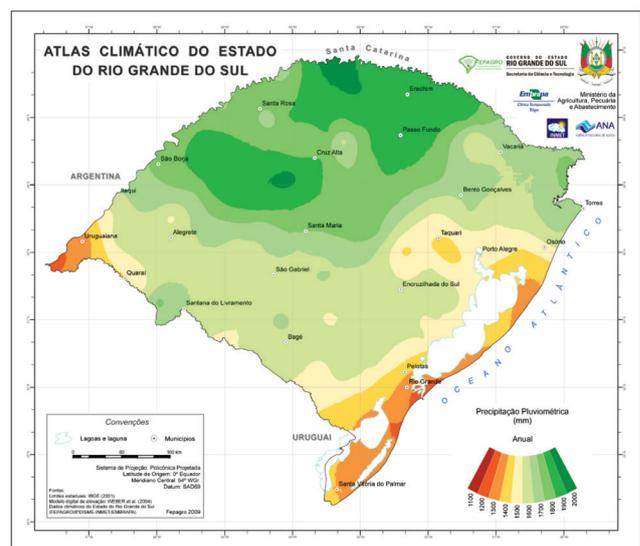
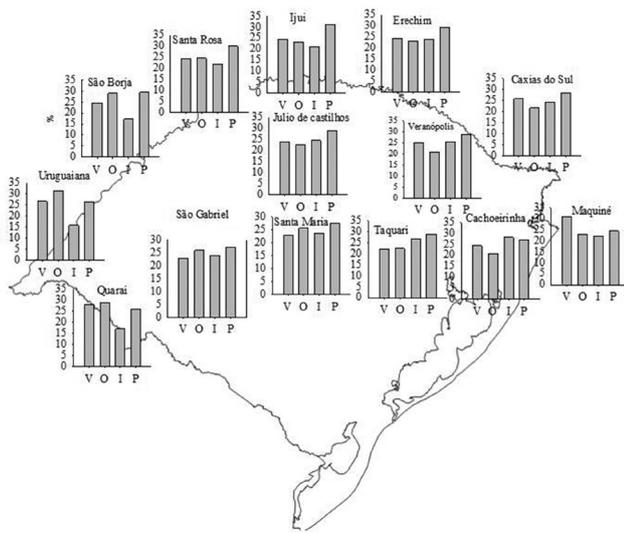


Figura 2. Distribuição da Precipitação pluvial anual (mm) no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: Matzenauer et al. (2011).



**Figura 3.** Distribuição da precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul no verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P).

pela variabilidade climática inter e intrazonais. Agricultores devem adaptar-se as escalas e frequências com que a variabilidade climática acontece e precisam usar o conhecimento e as informações disponíveis para desenvolver suas estratégias de enfrentamento. No entanto, segundo Sivakumar (2006) a adoção de tecnologias melhoradas é muito lenta, para contrabalançar os efeitos adversos das variações das condições ambientais. Esta condição de lentidão no uso das tecnologias também ocorre no estado do Rio Grande do Sul.

A variabilidade climática que ocorre ano a ano é um sério desafio para a agricultura. Além de seus impactos diretos sobre a produção e os preços de mercado, a incerteza associada às condições climáticas é um desafio para a gestão da propriedade. O entendimento dos impactos que a variabilidade climática provoca, fornece uma base para antecipar a tomada de decisão agrícola e ajuda a definir quais os mecanismos devem ser utilizados quando se dispõe, com antecedência, das informações de previsões sazonais e como podem beneficiar a agricultura (FRAISSE et al., 2006; Roncoli, 2006; Meza et al., 2008; Lazo et al., 2011; Solis & Letson, 2013). Segundo Hansen (2005), o desenvolvimento de estratégias flexíveis, pró-ativas para o manejo das variações climáticas interanuais nas comunidades agrícolas e instituições que fazem interface com elas, usando informação antecipada do clima, é sem dúvida o passo mais concreto para aumentar a resiliência e mudanças em longo prazo no sistema climático global.

As informações de precipitação pluvial, além de terem

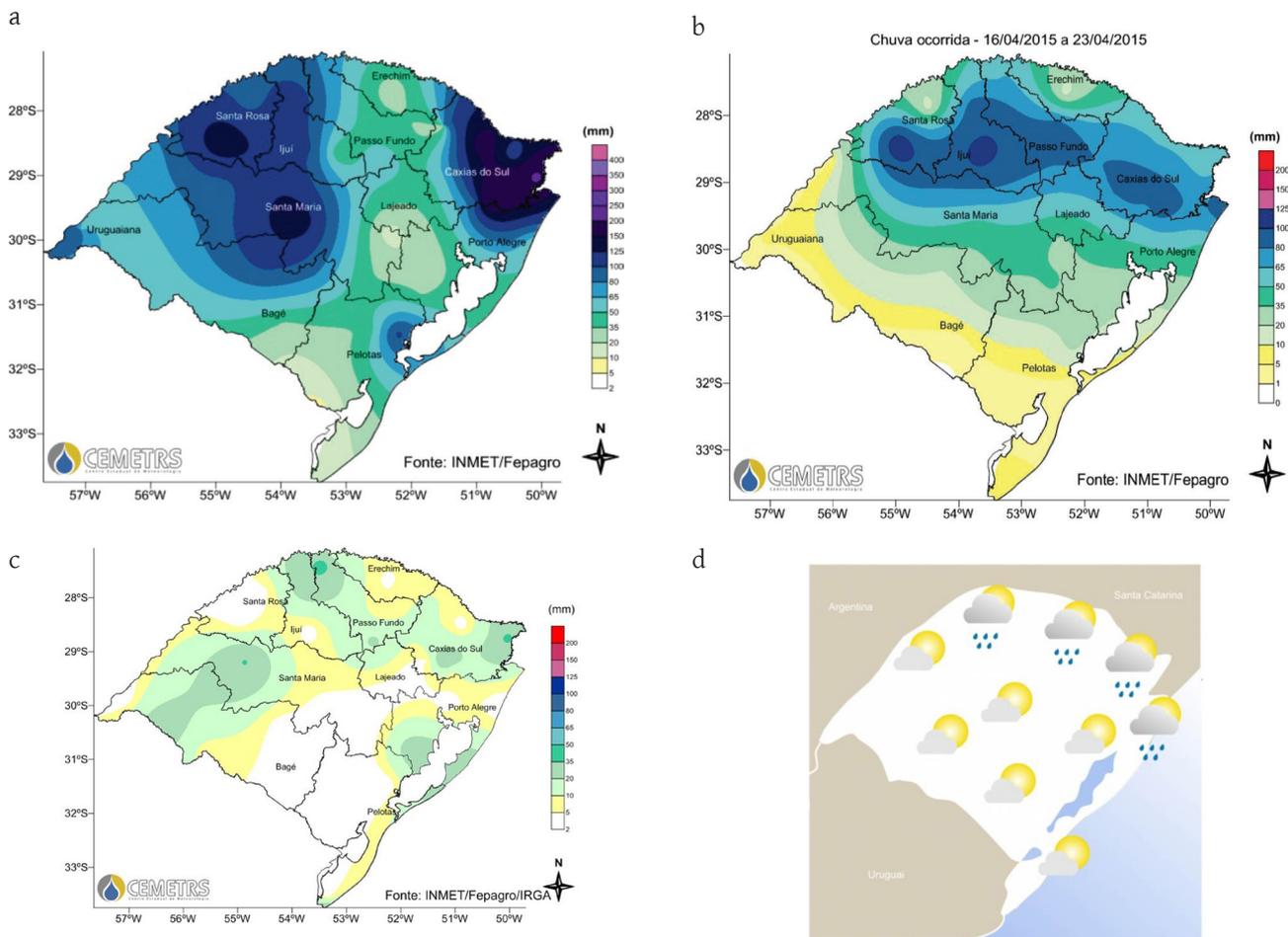
sido transmitidas na forma de Atlas Climático, com uma base de dados de 30 anos, também são transferidas através de boletins meteorológicos mensais (Figura 4a), de boletins semanais, nos quais consta a precipitação que ocorre na última semana (Figura 4b) e a prevista para a próxima (Figura 4c). Essas informações que apresentam a semana como unidade de tempo básica são excelentes exemplos do tipo de informação compilada que pode ajudar meteorologistas e agrometeorologistas na elaboração de advertências e previsões meteorológicas voltadas para os agricultores (DAS et al., 2010). Além desses boletins, há a divulgação da previsão da ocorrência de chuvas na forma de previsão diária (Figura 4d).

As operações agrícolas ocorridas em curto prazo como início do plantio e semeadura, aplicação de pesticidas e fertilizantes, irrigação (umidade do solo) e colheita, são fortemente afetadas pelas condições meteorológicas que antecedem essas operações e os dias que sucedem as mesmas. A aplicação de defensivos (herbicidas, fungicidas, inseticidas, etc) serão suspensos se houver previsão de chuva eminente. É importante ter em mente que quanto menor a unidade de tempo, maior é o grau de variabilidade de um elemento meteorológico (GOMMES et al., 2010) e, em períodos curtos, a precipitação é o elemento mais variável de todos, tanto no tempo quanto no espaço.

### 3.2 Temperatura do ar

Outro elemento meteorológico importante que exerce grande influência na agricultura, é a temperatura do ar. A temperatura média do ar anual no Rio Grande do Sul varia de 15 a 21°C, conforme pode ser observado na Figura 5. As regiões mais frias do Estado são o Planalto Superior, a Serra do Nordeste, a Serra do Sudeste e a Campanha, e as regiões mais quentes, estão localizadas na parte oeste do estado e na Depressão Central. As temperaturas mínimas e máximas variam com a região e a época do ano.

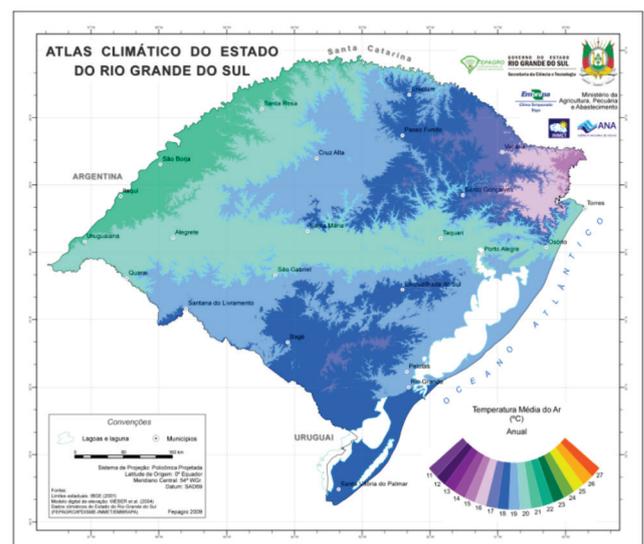
A temperatura impacta fortemente durante todo o ciclo das culturas, determinando a taxa de crescimento e desenvolvimento, a ocorrência de insetos, o aparecimento de doenças fungicas, a taxa de evapotranspiração, uso da água e horários de irrigação entre outros. Cuidados especiais podem ser reservados para previsões de temperatura em determinados períodos do ciclo de desenvolvimento da cultura, respeitando os valores de temperaturas cardeais críticas para as culturas. Outras variáveis térmicas com importância fisiológica específica (por exemplo, o acúmulo de unidades térmicas ou unidades de frio) pode ser objeto de previsões específicas. A temperatura base acima da qual se aplicam as somas varia com os tipos de cultura, por exemplo, arroz 11°C (INFELD et al., 1998; STEINMETZ et al., 2010), trigo 4,5°C e milho 10°C. A previsão de datas de ocorrência dos estádios fenológicos específicos das culturas associados a séries de dados meteorológicos, mostram a



**Figura 4.** Boletim meteorológico mensal (a) com informações sobre a precipitação ocorrida no mês, boletim semanal com a precipitação ocorrida na semana (b) e prevista para a semana seguinte (c) e a previsão diária (d).

efetiva ocorrência de acúmulo de calor ou frio pelas diversas culturas e essa informação deve ser divulgada para os agricultores. A abordagem probabilística pode ser adotada para prever as datas prováveis em que as culturas atingirão seus estádios fenológicos específicos (DAS et al., 2010).

O método de graus-dia é um parâmetro de extrema relevância no processo de otimização e redução de riscos climáticos, uma vez que o conhecimento das exigências térmicas de uma cultura contribui para a previsão da duração do ciclo da planta, em função dos fatores ambientais (BARBANO et al., 2003). Diversos autores têm utilizado a soma de graus-dia para relacionar com o desenvolvimento das plantas (BERLATO et al., 1984; STRECK et al., 2007; MIRANDA & CAMPELO JUNIOR, 2010; STEINMETZ, 2010, entre outros). As condições térmicas indicadas principalmente por graus-dias (GDD) durante o período de crescimento são úteis para decisões estratégicas. Este tipo de informação também é útil na tomada de medidas de precaução contra pragas e doenças, para manejo da irrigação em estágios críticos de crescimento, para a previsão de período de colheita, para a secagem de sementes, para obter o teor de umidade necessária para a comercialização de produtos frescos (GOMMES et al., 2010).



**Figura 5.** Temperatura média do ar anual (°C), no Estado do Rio Grande do Sul: Dados de 1976-2005. Fonte: Matzenauer et al. (2011).

### 3.3 Horas de frio

O frio do inverno é um fator agroclimático que integra a duração dos períodos de frio. É, portanto, uma medida de “quanto tempo e quão frio ele tem sido”. Este conceito tem um aspecto quantitativo, já que depende do tempo no qual as plantas estão expostas as baixas temperaturas e um qualitativo, porque também depende da escala de temperatura em que estão submetidas. Isso significa que, em um certo tempo a certa temperatura, as plantas podem superar o período invernal, outras porém, podem estender-se (NARANJO & TERSOGLIO, 2010). Se os requerimentos de frio não são cumpridos diversos distúrbios fisiológicos se manifestam, como a abertura de gemas de forma escalonada no tempo, redução no número de gemas brotadas, formação de rosetas foliares, redução na produção e longevidade e, em casos extremos, a própria sobrevivência da planta é ameaçada (CAMPOY et al., 2011, CITADIN et al., 2002; LUEDELING et al, 2009; MOHAMED et al., 2010 a, b). Considera-se que o tempo médio para a brotação de fruteiras de clima temperado seja reduzido com o aumento do número de unidades de frio, independente da temperatura de indução da brotação.

O valor de 7°C é utilizado como temperatura base superior das horas de frio na maioria dos países produtores de frutas de clima temperado, sendo seu uso generalizado para a determinação das exigências em frio das espécies, bem como para o zoneamento agroclimático das disponibilidades de frio.

O conhecimento do regime de horas de frio em diversas regiões, portanto, é de grande importância na avaliação da aptidão agrícola dos diferentes climas. Como o Estado do Rio Grande do Sul encontra-se entre os paralelos 27° e 34° de latitude Sul, 49° e 58° de longitude oeste, com regiões de altitude superior a 1000 m, apresenta condições favoráveis ao cultivo de fruteiras de clima temperado. A identificação das regiões com maior potencial ao cultivo de espécies frutíferas em termos de exigência em frio possibilita, além da identificação de novas áreas, o aperfeiçoamento dos zoneamentos agroclimáticos das diversas espécies e o melhor aproveitamento das áreas favoráveis ao cultivo. Em função da importância do conhecimento das horas de frio foram desenvolvidos alguns trabalhos no CemetRS para um melhor entendimento. Didoné et al. (1987) calcularam para o período 1970-79, o número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, para os períodos maio-agosto e maio-setembro. Matzenauer et al. (2007) determinaram o regime anual e estacional de horas de frio nas diferentes regiões ecológicas do Rio Grande do Sul, utilizando uma série histórica de dados de 1956 a 2003 (Figura 6). Todos os trabalhos apresentados identificam com semelhança as regiões mais frias do Estado. No entanto, os valores do número de horas de frio divergem entre si devido, provavelmente, às diferenças na metodologia e ao período utilizado na avaliação.

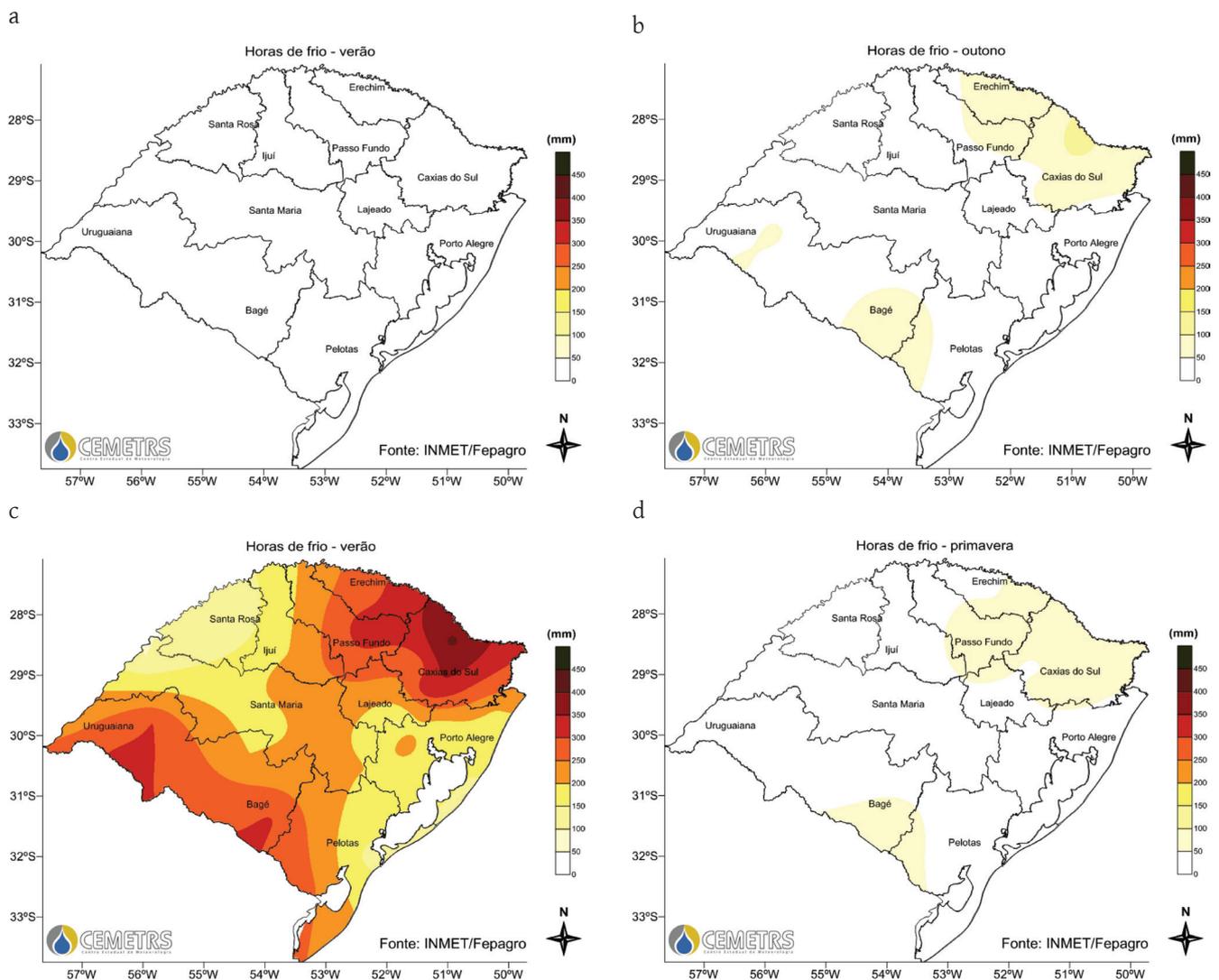
### 3.4 Previsão sazonal

No Estado é publicado mensalmente, o Prognóstico climático para os próximos três meses, com modelos estatísticos empíricos, sob a responsabilidade técnica do CPMET-UFPEL e 8º DISME/INMET e com a colaboração do CemetRS. A maioria das previsões sazonais é baseada em El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e nos padrões de anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) para emitir o prognóstico de chuva sazonal.

Goddard et al. (2001) observaram que a previsão climática sazonal oferece uma oportunidade para gerir a variabilidade climática e para responder de forma proativa às condições adversas e oportunidade para explorar condições favoráveis. Onde a previsibilidade é suficiente, as previsões sazonais podem fornecer informações probabilísticas sobre o rendimento das culturas, com margem de tempo suficiente para influenciar nas decisões pré-plantio. No entanto, segundo Hansen (2005), algumas incompatibilidades entre o conteúdo, a escala, o formato e o período de previsões climáticas operacionais disponíveis, além das informações que os agricultores precisam para tomar decisões, são a maior restrição para utilização efetiva das previsões.

Graças aos avanços recentes do conhecimento da interação oceano-atmosfera, da modelagem e dos computadores, atualmente é possível prever as duas fases do ENOS (El Niño e La Niña), com alguma antecedência. No estado do RS estudos apontam que o ENOS influencia alguns dos elementos meteorológicos. Por exemplo, o El Niño produz, em geral, anomalias positivas de precipitação pluvial e La Niña anomalias negativas, especialmente na primavera-início de verão do ano de início do fenômeno (BERLATO & FONTANA, 2003). Também segundo Gelcer et al. (2013) no Estado do RS durante eventos de El Niño o valor do ARID (sigla em inglês Agricultural Reference Index for Drought que fornece um cálculo melhorado e simplificado do déficit hídrico das culturas (WOLI et al., 2012)) decresce enquanto o oposto ocorre durante períodos de La Niña, quando o valor médio do ARID aumenta principalmente como resultado da menor precipitação. Essas alterações na precipitação se refletem na produtividade de algumas culturas como no caso do milho (BERLATO et al., 2005), soja (BERLATO & FONTANA, 1999), trigo (CUNHA et al., 1999) e arroz (CARMONA & BERLATO, 2002).

Os impactos do ENOS sobre a temperatura são normalmente maiores sobre a média da temperatura mínima que sobre a média das máximas. Durante eventos El Niño, existe um acréscimo da temperatura mínima para a maioria dos anos, com maiores desvios durante o outono. Para La Niña, existe um decréscimo, especialmente durante a primavera (BERLATO & FONTANA, 2003). Segundo Streck et al. (2011) há sinal do ENOS sobre a temperatura mínima de relva nos meses de outono, inverno e primavera de modo



**Figura 6.** Horas de Frio abaixo de 7°C no Estado do Rio Grande do Sul, durante o período do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d). Adaptado de Matzenauer et al. (2007).

que esta é maior em anos de El Niño, menor em anos de La Niña e intermediária em anos Neutros. Também Firpo et al. (2012) observaram que, para a maioria dos meses, ocorrem mais ondas de frio nos casos de La Niña e menos nos de El Niño e, da mesma forma, mais ondas de calor ocorrem em anos de El Niño.

Para auxiliar os produtores do Estado do Rio Grande do Sul com informações sazonais que possam ser utilizadas, é elaborado o Boletim do Conselho Permanente de Agrometeorologia Aplicada ao Estado do Rio Grande do Sul – Copaaergs, o qual busca unir as informações do tempo ocorridas e a previsão para os próximos três meses. Segundo Boulanger & Penalba (2010) essas informações sazonais têm várias aplicações potenciais para o setor agrícola, tais como: a) a previsão de disponibilidade de água com antecedência durante subperíodos críticos do ciclo fenológico das plantas; b) a previsão de riscos de eventos climáticos adversos como geadas tardias; c) previsão do potencial de rendimento das culturas com alguns meses de antecedência;

d) o uso de previsão de rendimento para avaliar o potencial impacto de campanhas de marketing para um estado, a previsão da produção total por estado ou nacional das culturas importantes (quer seja para garantir a disponibilidade de alimentos no mercado nacional ou para prever a balança comercial associada a exportação), entre outras.

No entanto, apesar de todo o crescimento científico da capacidade preditiva em meteorologia, ainda há problemas com previsões não bem compreendidas, mal divulgadas ou mal usadas. Às vezes, envolvendo todos estes aspectos ao mesmo tempo. Uma previsão tecnicamente boa, mas mal comunicada e/ou mal usada, pode resultar de fato em custos, mais do que em benefícios, para a sociedade (CUNHA, 2001).

### 3.5 Zonemaneto agrícola

Outro produto de interesse é a indicação dos zoneamentos agrícolas. Os agricultores devem ter o conhecimento do clima de um determinado local, suas variações

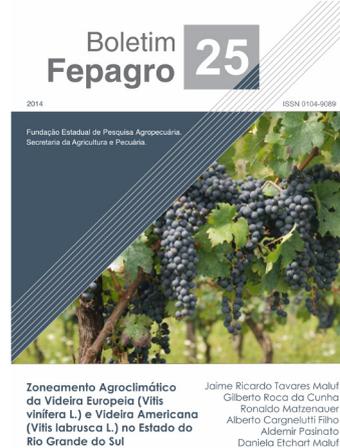


Figura 7. Zoneamento agroclimático da cana de açúcar, macieira, mandioca e das videiras européia e americana para o Estado do Rio Grande do Sul.

ao longo das estações para definir as culturas que serão implantadas nos locais. Para que haja uma redução dos riscos climáticos para a agricultura e consequente diminuição das perdas para os agricultores, torna-se imprescindível identificar, quantificar e mapear as áreas mais favoráveis ao plantio das culturas de sequeiro, levando-se em conta a disponibilidade climática e, mais especificamente, a distribuição pluviométrica. Um dos mecanismos criados para identificar áreas com maior margem de segurança, locais e datas mais apropriada para plantar determinada cultura, nas mais diversas regiões brasileiras, como também a cultivar mais adequada para cada região é o zoneamento de aptidão agrícola, o zoneamento agroclimático, o zoneamento agrícola e o zoneamento agrícola de risco climático.

O zoneamento agrícola de risco climático divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do MAPA é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. Iniciado na safra de 1996, esse zoneamento vem sendo gradativamente ampliado e utilizado em larga escala no País, consolidando-se como ferramenta técnica científica de auxílio à gestão de riscos climáticos

na agricultura. Para o zoneamento agrícola de risco climático, além das variáveis analisadas (clima, solo e planta), aplicam-se funções matemáticas e estatísticas com o objetivo de quantificar o risco de perda das lavouras com base no histórico de ocorrência de eventos climáticos adversos, principalmente a seca. Com isso, após analisar séries históricas de dados meteorológicos identifica-se para cada município a melhor época de semeadura para as culturas anuais nos diferentes tipos de solo e ciclos dos cultivares, dentro de níveis de risco de perda pré-estabelecidos. Apesar da metodologia científica ser relativamente complexa, os indicativos resultantes e sua aplicação prática são de fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, extensionistas, agentes financeiros, seguradoras e demais usuários.

Para reduzir os riscos climáticos os pesquisadores do CemetRS/FEPAGRO em parceria com outras instituições coordenaram/colaboraram na elaboração de zoneamentos agroclimáticos para diversas culturas, entre eles da cultura da cana-de-açúcar (MALUF et al., 2008), da macieira (MALUF et al., 2011a), da mandioca (MALUF et al., 2001b) da

videira (MALUF et al., 2014) (Figuras 7a,b,c,d), do morangueiro (ALMEIDA et al., 2009), da oliveira (WREGGE et al., 2009), do eucalipto (FLORES et al., 2009), do trigo (CUNHA et al., 2001) entre outros.

Segundo Das et al. (2010) para que haja uma produtividade ideal, em um determinado local, as culturas e as práticas culturais devem coincidir com as condições de tempo e clima que melhor atendem as necessidades das culturas e as condições que podem ser adversas devem ser evitadas. Com esse intuito esses zoneamentos agrícolas foram elaborados e servem para gerar informações que são utilizadas em benefício dos produtores agrícolas do Rio Grande do Sul.

### 3.6 Pragas e doenças

Um desafio a ser alcançado pelo CemetRS é a geração de modelos para determinar a dinâmica populacional de pragas com base em dados meteorológicos, principalmente de temperatura e potencial de ocorrência de doenças, principalmente fúngicas, em função de modelos que utilizam as variáveis meteorológicas, principalmente temperatura e umidade. A temperatura, como uma medida da energia térmica disponível, é amplamente utilizada para derivar as taxas de crescimento de insetos e o desenvolvimento de modelos de simulação (GOMMES et al., 2010).

O conhecimento da dinâmica populacional dos artrópodes, principalmente, os insetos que são pragas em culturas agrícolas de importância econômica é essencial para a adoção do manejo integrado de pragas (MIP), no qual a seleção e o uso planejado de táticas de controle populacional visam minimizar as perdas na produção agrícola e os impactos resultantes do uso indiscriminado de agrotóxicos (MELO et al., 2008). Entre as razões, a presunção de um modelo de previsão de doença é fazer projeções futuras, é a possibilidade de utilizar as previsões meteorológicas como entrada em modelos de doenças, como isso é possível fornecer estimativas sazonais de probabilidade de ocorrência de doenças e surtos. Os modelos tradicionais de previsão de doenças de plantas normalmente utilizam horas acumuladas do período de molhamento foliar combinado com exigências de temperatura para prever o processo de infecção e identificar períodos de alto risco para a doença.

Segundo Das et al. (2010) a taxa de desenvolvimento de uma doença depende da temperatura. As temperaturas cardiais e ideais para o desenvolvimento da doença variam de acordo com os organismos causadores de doenças. Portanto, o controle eficaz e econômico da maioria das doenças requer primeiramente uma previsão de molhamento foliar. Esta previsão incluirá o número de horas durante as quais a vegetação esteve molhada durante as 24 horas anteriores, as temperaturas durante este período, e uma previsão das horas de molhamento e das condições de temperatura durante as 24 horas seguintes. De posse

dessas informações, o agricultor deve ser capaz de obter o máximo de controle, com um número mínimo de aplicações químicas.

### 3.7 Modelos de previsão

Modelos de previsão de safras desempenham um papel central quando executado com dados históricos. Eles fornecem percepções sobre os padrões de variabilidade de rendimento. A identificação das melhores datas de plantio constitui uma aplicação orientada dos modelos de culturas através das informações do clima (GOMMES et al., 2010). A justificativa para o uso da modelagem do sistema para transferência de agrotecnologia em face da heterogeneidade ambiental é relevante para a utilização de previsões sazonais para gestão de riscos climáticos. A variabilidade climática acrescenta uma dimensão de tempo para heterogeneidade ambiental (HANSEN, 2005).

Os benefícios potenciais que os modelos climáticos oferecem para a cultura só podem ser alcançados se forem utilizados de forma adequada, com a compreensão de suas capacidades e limitações, e com a avaliação cuidadosa do modelo de previsões e do conhecimento/percepções que surgem da análise do modelo (HANSEN, 2005).

Os modelos de análise planta-clima procuram explicar, baseados em processos físicos e fisiológicos, o efeito de uma ou mais variáveis meteorológicas sobre a resposta das plantas. Esta categoria de modelos utiliza frequentemente, dados de conteúdo de água no solo ou evapotranspiração e outras variáveis, e as relacionam com informações de desenvolvimento morfológico, crescimento vegetativo ou rendimento das culturas (BAIER, 1979).

Para as condições do Rio Grande do Sul, diversos pesquisadores desenvolveram algum tipo de modelo para avaliar o desenvolvimento e/ou rendimento de culturas tais como para: a cultura da soja (BERLATO, 1987; FONTANA et al., 2001; MELO, et al., 2008), do milho (MATZENAUER et al., 1995; RADIN et al., 2003b; BERGAMASCHI et al., 2006), do girassol (BARNI, et al., 1996), do tomateiro (RADIN et al. 2003a; REISSER JUNIOR et al., 2003), Arroz (STRECK, et al., 2007; STEINMETZ et al., 2010) entre outros e, modelos para melhor entendimento dos padrões dos elementos meteorológicos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010a, b; CARGNELUTTI FILHO et al., 2012).

### 3.8 Balanço hídrico (BH) e umidade do solo

A umidade do solo desde o plantio até a maturação está intimamente relacionada com o crescimento e a produtividade das plantas. Para utilizar a irrigação de forma eficiente, é necessário saber a quantidade de água necessária para compensar o déficit hídrico no solo nas diversas fases de crescimento da cultura. Avaliações das condições de umidade são baseadas em dados climatológicos passados e do presente (como precipitação, radiação, temperatura,

vento) com ou sem o uso de medidas de umidade do solo. Uma extrapolação desta estimativa atual para o futuro próximo é possível através da utilização de médias de longo prazo ou outros valores estatísticos dos dados meteorológicos através da equação do balanço hídrico (GOMMES et al. 2010).

A deficiência de água no solo durante o período de crescimento pode resultar em uma perda parcial ou completa de rendimento da cultura. Mas a quantidade de chuva, abaixo do qual há redução de rendimento depende do grau em que uma cultura pode suportar a deficiência de umidade, bem como o estado e o subperíodo de desenvolvimento da cultura. Pentadas ou valores semanais são geralmente apropriados para este fim.

O balanço hídrico é um sistema contábil de monitoramento da água do solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água num volume de solo vegetado. Ele fornece estimativas do armazenamento de água no solo, evapotranspiração real, da deficiência hídrica e do excedente hídrico em diversas escalas de tempo. Em função da tomada de decisão, o balanço hídrico pode ser classificado como o balanço hídrico normal e o balanço hídrico sequencial. O BH normal é importante ferramenta para o planejamento agrícola, caracterização climática de uma região, servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo da exploração agrícola. O BH sequencial permite acompanhar a disponibilidade de água no solo no momento de seu cálculo, podendo ser a escala de tempo compatível com as tomadas de decisões, ou seja, diária, semanal, decendial ou mensal.

A informação sobre a umidade do solo representa uma melhoria em relação a precipitação, pois avalia a quantidade de água que está realmente disponível para o crescimento das culturas e leva em conta quantidade e distribuição de chuvas. Pode-se considerar a umidade do solo como um indicador derivado complexo, como uma variável de previsão de valor acrescido (GOMMES et al., 2010).

### 3.9 Evapotranspiração

O conhecimento das necessidades hídricas das culturas é fundamental para o melhor entendimento das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, para o planejamento da época de semeadura, para a elaboração de projetos de irrigação e para o aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos.

A evapotranspiração apresenta variações entre locais e anos, principalmente em função das condições de demanda evaporativa da atmosfera. Em períodos úmidos, com temperatura média do ar baixa e radiação solar reduzida pela nebulosidade, a perda de água pelo solo e pela vegetação é baixa. Em períodos secos, caracterizados por altas temperaturas e alta intensidade de radiação solar, com baixa umidade relativa do ar, os valores de evapotranspi-

ração são elevados. Em função de sua importância tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores. No CemetRS/FEPAGRO essa linha de pesquisa foi bastante estudada nos últimos anos. Como exemplo citam-se os trabalhos com as seguintes culturas: feijoeiro (MATZENAUER et al., 1998a; MATZENAUER et al., 2004); girassol (MATZENAUER et al., 1998b), soja (MATZENAUER et al., 2003), milho (MATZENAUER et al., 1998c; RADIN et al., 2000; RADIN et al., 2003).

O uso de informações sobre as condições de tempo em gestão das explorações agrícolas nos países em desenvolvimento é particularmente valioso quando o nível de insumos de produção é aumentado. Praticamente todos os insumos que caracterizam o aumento de produção são sensíveis às questões do tempo, desde irrigação, fertilização, pesticidas, fungicidas e mecanização são processos mais sensíveis do que as operações agrícolas tradicionais. Nestes casos, a incorporação da previsão de tempo no processo de gestão deve ocorrer.

### 4. Considerações finais

A produção gaúcha apresentou um grande incremento em produtividade e produção para a maioria das culturas nas últimas décadas. Esses aumentos são resultados de diversos fatores como: avanços no melhoramento genético, utilização de equipamentos e máquinas mais adequadas e utilização de tecnologias de cultivo mais apropriadas para cada cultura, entre outras. Entre essas tecnologias, a utilização das informações meteorológicas aplicadas e a geração de produtos voltados para a agricultura também contribuíram para o aumento dessa produção. Houve avanços no entendimento dos efeitos dos elementos meteorológicos sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas: um melhor entendimento das consequências do excesso de precipitação ou da deficiência hídrica em um determinado subperíodo do ciclo e sua influência sobre a cultura; o efeito das temperaturas sobre o desenvolvimento das plantas; a indicação do zoneamento agrícola para as diversas culturas, entre outras. No entanto, apesar desses avanços significativos ainda há muitos desafios a serem alcançados, como a ampliação da rede de estações meteorológicas, aperfeiçoar os produtos gerados e melhorar a comunicação e interatividade para que esses produtos sejam mais facilmente disponibilizados e utilizados pelos produtores. Os agricultores podem introduzir informações como cultivar, data de semeadura, tipo de solo, área semeada, que associados às condições meteorológicas ocorridas e a previsão e com a utilização de modelos são ferramentas importantes para avaliar os riscos da lavoura.

## Referências

- ALMEIDA, I. R. et al. **Zoneamento Agroclimático para a produção de morango no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 28 p. (Documentos, 283).
- BAIER, W. Note on the terminology of crop-weather models. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 20, p. 137-145, 1979.
- BAMBINI, M. D. et al. Collaborative Innovation in Agrometeorology: Coordination Strategies to Develop a Monitoring IT System for Brazil. **Journal of technology management & innovation**. v. 9, p. 119-130. 2014.
- BAMBINI, M. D. Inovação tecnológica e organizacional em agrometeorologia: estudo da dinâmica da rede mobilizada pelo sistema Agritempo. MSc Universidade Estadual de Campinas - Unicamp. 217 p. 2011.
- BARBANO, M. T. et al. Temperatura-base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência-florescimento masculino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 79-84, 2003.
- BARNI, N. A. et al. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol. I. Relação entre rendimento e índice hídrico. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 2, n. 1, p. 7-17, 1996.
- BERGAMASCHI, H. et al. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.243-249, 2006.
- BERLATO, M. A. Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987. 93 p. Tese de Doutorado.
- BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V. R. Relações entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 20, n.1, p. 111-132, 1984.
- BERLATO, M.A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.5, 423-432. 2005.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, 119-125. 1999.
- BOULANGER, J.P.; PENALBA, O. Assessment of climate information needs in the Argentinean Agro-business sector. **Climatic Change**, v.98, p.551-563. 2010.
- BREUER, N. E. et al. AgClimate: a case study in participatory decision support system development. **Climatic Change**, v. 87, p. 385-403. 2008.
- CAMPOY, J.A., RUIZ, D., EGEA, J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. **Scientia Horticulturae**, v.130, p. 357-372. 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Dimensionamento da amostra para a estimação da média de precipitação pluvial mensal em diferentes locais do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, p. 12-19, 2010a.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Modelo harmônico para a estimativa da temperatura do ar média mensal em diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1888-1896, 2010b.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número de anos para a estimação da média decenal de duração diária do brilho solar no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 42, p. 407-413, 2012.
- CARMONA, L.C.; BERLATO, M.A. El Niño e La Niña e o rendimento de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.147-152, 2002.
- CITADIN, I. et al. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, 703-706. 2002.
- CUNHA, G. R. da. **O processo de previsão meteorológica e suas aplicações na agricultura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 3 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 78). Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co78.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co78.htm)
- CUNHA, G.R. et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.400-414, 2001.
- CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. ENSO influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, p.127-138, 1999.
- DAS, H.P. et al. Chapter 5 - Weather and Climate Forecasts for Agriculture. In: Guide to Agricultural Meteorological Practices, p 5-1 a 5-57, 2010.
- DIDONÉ, I.A. et al. Regime de Horas de Frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, v. 23, n. 2, p. 115-129, 1987.
- FIRPO, M.A.F.; SANSIGOLO, C.A.; ASSIS, S.V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no rio grande do sul associadas ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.1, p. 95-106. 2012.
- FLORES, C.A.; ALBA, J.M.F.; WREGG, M.S. (org.). **Zoneamento Agroclimático do eucalipto para o estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul - RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 87 p. (Documentos, 283).
- FONTANA, D. C. et al. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.3, p. 399-403, 2001.
- FRAISSE, C.W. et al. AgClimate: a climate forecast information system for agricultural risk management in the southeastern USA. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.53, p.13-27, 2006.
- GELCER, E. et al. Effects of El Niño Oscillation on the space-time variability of agricultural reference index for drought in midlatitudes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 174-175, p. 110-128. 2013.
- GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Orgs.) **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 356p. 2011.
- GODDARD, L. et al. Current approaches to seasonal to interannual climate predictions. **International Journal Climatology**. v.21, p. 1111-1152, 2001.
- GOMMES, R. et al. Chapter 6 - Agrometeorological Forecasting. In: Guide to Agricultural Meteorological Practices, p 6-1 a 6-49, 2010.
- HANSEN, J. W. Integrating seasonal climate prediction and agricultural models for insights into agricultural practice. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.360, n.1463, p. 2037-2047. 2005.
- HANSEN, J. W. Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: Issues, approaches, challenges. **Agricultural Systems**, v. 74, p. 309-330. 2002.
- INFELD, J. A.; SILVA, J. B.; ASSIS, F. N. Temperatura base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n.2, p. 187-191, 1998.
- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinaram Scientia**. Série: Ciências Exatas, v.2, n.1, p.171-182, 2001.
- LAZO, J. K. et al. US economic sensitivity to weather variability. **Bulletin of the American Meteorological Society**, p. 709, 2011.
- MALUF, J. R. T. et al. **Zoneamento agroclimático da macieira no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. Boletim Fepagro, n. 19, 75p.
- MALUF, J. R. T. et al. **Zoneamento agroclimático da Videira Europeia (*Vitis vinifera* L.) e Videira Americana (*Vitis Labrusca* L.) no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2014. Boletim Fepagro, n. 25, 63p.
- MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; MALUF, D. E. **Zoneamento agrocli-**

**mático da mandioca no Estado do Rio Grande do Sul - Uma alternativa para a produção de etanol.** Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. Boletim Fepagro, n. 22, 60p.

MATZENAUER, R. et al. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1013-1019, 2003.

MATZENAUER, R. et al. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p. 1363-1369. 2004.

MATZENAUER, R. et al. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 1, n. 2, p. 225-241, 1995.

MATZENAUER, R. et al. Regime anual e estacional de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 13, p. 11-16, 2007.

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; BUENO, A. C. Evapotranspiração da cultura do feijão e sua relação com a evaporação do tanque classe A. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n.2, p. 101-106, 1998a.

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; BUENO, A. C. Evapotranspiração da cultura do girassol e sua relação com a evapotranspiração do tanque classe A. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n.2, p. 107-112, 1998b.

MATZENAUER, R. et al. Evapotranspiração da cultura do milho. I - Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n.1, p. 9-14, 1998c.

MELO, L.A.M.P. et al. Modelo determinístico para simular a dinâmica populacional de insetos com base no cálculo de graus-dia acumulados. 26p. 2008. Comunicado Técnico. Disponível em [www.embrapa.br/documents/1355163/2025008/cot181.pdf/0689c04d-8b07-491a-8035-943c8cd6af40](http://www.embrapa.br/documents/1355163/2025008/cot181.pdf/0689c04d-8b07-491a-8035-943c8cd6af40). Acesso em 14/05/2015.

MELO, R. W. et al. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4013-4028, 2008.

MEZA, F.J.; HANSEN, J.W.; OSGOOD, D. Economic Value of Seasonal Climate Forecasts for Agriculture: Review of Ex-Ante Assessments and Recommendations for Future Research. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.47, 1269-1286, 2008.

MIRANDA M.N., CAMPELO JÚNIOR J. H. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. carioca em Colorado do Oeste, Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 180-185, 2010.

MOHAMED, H.B. et al. Biochemical changes in dormant grapevine shoot tissues in response to chilling: Possible role in dormancy release. **Scientia Horticulturae**, v. 124, 440-447. 2010a.

MOHAMED, H.B., VADEL, A.M., KHEMIRA, H. Estimation of chilling requirement and effect of hydrogen cyanamide on budbreak and fruit characteristics of 'superior seedless' table grape cultivated in a mild winter climate. **Pakistan Journal of Botany**, v.42, p.3, 1761-1770. 2010b.

NARANJO, G.; TERSOGLIO, E. 2010. Estimación de la disponibilidad de frío invernal para cerezos de la zona norte de la provincia de Mendoza, Argentina. **Agriscientia**, 2010, v. 27, 35-42. 2010.

RADIN, B. et al. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1017-1023, 2003a.

RADIN, B. et al. Estimativa da evapotranspiração da cultura do milho

pelo método Penman-Monteith modificado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n.2, p. 185-191, 2000.

RADIN, B. et al. Evapotranspiração da cultura do milho em função da demanda evaporativa atmosférica e do crescimento das plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, p. 7-16, 2003b.

REISSER JÚNIOR, C. et al. Alterações morfológicas do tomateiro em resposta à redução de radiação solar em ambientes de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, p. 7-14, 2003.

RONCOLI, C. Ethnographic and participatory approaches to research on farmers' responses to climate predictions. **Climate Research**, 33, 81-99. 2006.

SIVAKUMAR, M.V.K. Operational Agrometeorological Services: International Perspectives Requirements for Agrometeorological Services. p. 101-113. In: MOTHAR, R.P.; SIVAKUMAR, M.V.K.; BERNARDI, M. (Eds.). Strengthening Operational Agrometeorological Services at the National Level. Proceedings of the Inter-Regional Workshop, March 22-26, 2004, Manila, Philippines. Washington, D.C., USA: United States Department of Agriculture; Geneva, Switzerland: WMO; Rome, Italy: FAO of the United Nations. Technical Bulletin WAOB-2006-1 and AGM-9, WMO/TD n.1277. 238 p. 2006.

SOLIS, D.; LETSON, D. Assessing the value of climate information and forecasts for the agricultural sector in the Southeastern United States: multi-output stochastic frontier approach. **Regional Environmental Change**, v.13, p.5-14. 2013.

STEINMETZ, S. et al. **Uso de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula (DP) de seis subgrupos de cultivares de arroz irrigado visando a adubação nitrogenada em cobertura no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 75p.

STRECK, N.A. et al. Soma térmica de algumas subperíodos do ciclo de desenvolvimento da escala de Counce para cultivares Sul-Brasileiras de arroz irrigado. **Bragantia**, v.66, p.357-364, 2007.

STRECK, N.A. et al. Temperatura mínima de relva em Santa Maria, RS: climatologia, variabilidade interanual e tendência histórica. **Bragantia**, v. 70, n. 3, 696-706. 2011.

TEMPLETON, S. R. et al. Usefulness and uses of climate forecasts for agricultural extension in South Carolina, USA. **Regional Environmental Change**, v. 14, p. 645-655. 2014.

THORNTON, P. K. Ex ante impact assessment and seasonal climate forecasts: Status and issues. **Climate Research**, v. 33, p.55-65. 2006.

VOGEL, C., O'BRIEN, K. Who can eat information? Examining the effectiveness of seasonal climate forecasts and regional climate-risk management strategies. **Climate Research**, v. 33, p.111-122. 2006.

WOLI, P. et al. Agricultural Reference Index for Drought (ARID). **Agronomy Journal** 104, 287-300. 2012.

WREGE, M.S. et al. (Ed.) **Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336p.

WREGE, M.S. et al. **Zoneamento Agroclimático para Oliveira no Estado do Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 24 p. (Documentos, 259).

## REFERENCIAÇÃO

RADIN, B.; MATZENAUER, R. Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.24, n.1, p.41-54, 2016.

# Use of weather information in the agriculture of Rio Grande do Sul estate, Brazil

Bernadete Radin<sup>(1)(\*)</sup>, Ronaldo Matzenauer<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro Estadual de Meteorologia – CEMETRS – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária- FEPAGRO. Rua Goncalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS, Brazil.

Corresponding author: radin@fepagro.rs.gov.br

---

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 21 July 2015

Accepted 17 August 2015

---

### Index terms:

agrometeorology,  
climate,  
weather forecast,  
innovation.

---

## ABSTRACT

There is not any one segment of the agricultural production chain that is not influenced by the weather. From sowing/planting to transportation and storage of products, making use weather and climate information is of critical importance for improved management of farm. To better understanding this importance, we reviewed the literature on the subject and carried out an analysis of the products that have been and continue to be prepared by researchers at the Centro Estadual de Meteorologia - CemetrRS / FEPAGRO. Since its birth 60 years ago this state institution has served to monitor air temperature and soil data, air and soil moisture, solar radiation, rainfall, among others meteorological elements. It has also generated analysis and products derived from this information such as: analysis of rainfall distribution and temperature both over time and spatially in the state of RS, analysis of chilling hours, thermal sums, crop water requirements and agricultural zoning, among other products. More recently it has drawn up and circulated the weather forecast and climate for the state. But, despite the work already done, there are still many challenges to be met, many products to be generated and a need for greater interactivity with users of these products.

© 2016 SBAgro. All rights reserved.

---

## REFERENCIAÇÃO

RADIN, B.; MATZENAUER, R. Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.24, n.1, p.41-54, 2016.