

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/339667933>

Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada

Article in *Agrometeoros* · March 2020

DOI: 10.31062/agrom.v26i2.26426

CITATIONS

3

READS

229

2 authors:



[Sergio Luiz Goncalves](#)

Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)

50 PUBLICATIONS 189 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Marcos Silveira Wrege](#)

Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)

136 PUBLICATIONS 727 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



SCAF - Simulação dos Impactos das Mudanças Climáticas em Florestas [View project](#)



Taxonomy and biology of Brazilian psyllids [View project](#)



Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada

Sergio Luiz Gonçalves^{1(*)} e Marcos Silveira Wrege²

¹Embrapa Soja. Rodovia Carlos João Strass, s/nº, Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: sergio.goncalves@embrapa.br

²Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP 83411-000 Colombo, PR. E-mail:marcos.wrege@embrapa.br

(*)Autor para correspondência

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 19 de dezembro de 2018

Aceito em 26 de fevereiro de 2020

Termos para indexação:

risco climático

seguro agrícola

crédito rural

regiões homogêneas

RESUMO

O zoneamento agrícola foi instituído como instrumento de política agrícola para uso no seguro rural e crédito agrícola, no Brasil, em 1996. Foi utilizado para reduzir os riscos climáticos na agricultura brasileira e, com isso, reduzir as taxas de sinistralidade do PROAGRO. A variável climática relacionada às maiores taxas de sinistralidade é a deficiência hídrica. Na região Sul, está relacionada também aos riscos de geada ou de temperaturas altas no florescimento de alguns cultivos. No caso das fruteiras de clima temperado, o somatório das horas de frio no outono-inverno, embora não se constitua como risco, é condição indispensável para produção. Os riscos devem ser calculados para os períodos críticos, como a semeadura, o florescimento e enchimento de grãos e a colheita, quando os excessos de chuva prejudicam a qualidade dos grãos. Com base nestes critérios, é possível selecionar as regiões e épocas de semeadura com os menores riscos. Neste trabalho, são traçadas considerações sobre metodologia de zoneamento agrícola em escala regional, com o uso de todas as variáveis climáticas locais que constituem risco. Os riscos, calculados individualmente, são compostos em ambiente SIG, criando regiões homogêneas, por cultura. Na etapa final, ocorre a validação, utilizando dados históricos de produtividade e sinistralidade e consulta a grupos de especialistas nas culturas.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

No Brasil, a agricultura atingiu alto desempenho pelo domínio de técnicas de cultivo em regiões tropicais, subtropicais e temperadas, alcançando, nas últimas décadas,

safras recordes em função do aumento da produtividade, praticamente sem expansão de área, para a maioria das espécies cultivadas comercialmente. Essa conquista se deu em grande parte devido ao melhoramento genético de plantas, com a introdução de novas cultivares de diver-

sas espécies, à intensificação do uso de novas tecnologias por parte dos agricultores e também, a muitas ações de planejamento do uso da terra. Dentre estas ações de planejamento, está a implementação do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC), pelo MAPA, instituído em 1996, como um instrumento de política pública para a diminuição de perdas na agricultura causadas por fatores climáticos. Tal trabalho baseou-se em cálculos dos riscos de perdas, principalmente por deficiência hídrica, dando uma informação em escala municipal, sobre áreas e épocas de cultivo mais apropriadas a uma dada espécie agrícola. Essas informações foram e ainda são utilizadas pelos agentes financeiros para a liberação de crédito e seguro rural. Isto aconteceu para atender a uma demanda do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO que, criado pela Lei 5.963 de 11 de dezembro de 1973, com o objetivo de ser um seguro de cobertura de sinistros da agricultura, encontrava-se, no início da década de 1990, endividado e em condições de total inadimplência devido a altos índices de sinistralidade. Tal situação inviabilizava a continuidade do programa (Rossetti, 2001). Ainda segundo Rossetti (2001), com a adoção do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos – Zarc, em 1996, houve uma racionalização dos recursos públicos investidos em seguro agrícola, chegando, o País, a reduzir aportes de recursos financeiros do Tesouro Nacional da ordem de R\$ 150.000.000,00 por ano. O zoneamento agrícola teve grande participação nestes resultados, uma vez que passou a fornecer orientações à agricultura, indicando para o cultivo apenas as épocas de semeadura mais indicadas por município e somente naqueles cujos riscos eram os menores. O MAPA manteve o programa até os dias atuais. No entanto, com o decorrer dos anos, como em todo e qualquer sistema, são possíveis melhorias, uma vez que qualquer processo pode evoluir à luz de novas metodologias e tecnologias. Isso foi observado pelo TCU (2014), em uma auditoria junto ao MAPA, que considerou que o programa poderia ser melhorado, fazendo sugestões e recomendações de ajustes para o aperfeiçoamento do sistema.

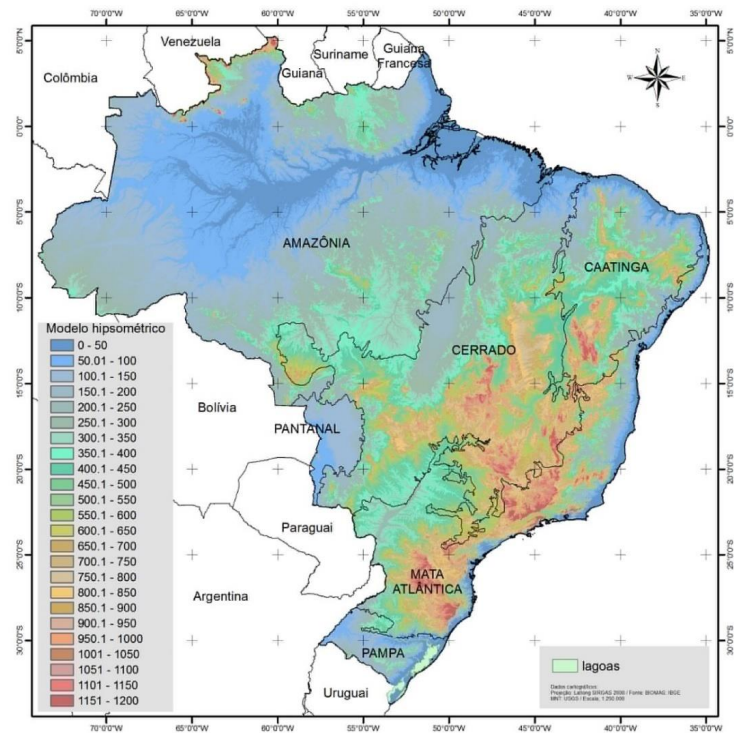
O objetivo deste artigo é dar suporte a um método de aperfeiçoamento de trabalhos de zoneamento, focando nos mapeamentos, que, no final, geram as listas de municípios que são publicadas no Diário Oficial da União. Os trabalhos de zoneamento de modo geral, têm como tema central os cálculos para a obtenção dos riscos de ocorrência de um determinado fenômeno climático, como por exemplo, a deficiência hídrica. O Brasil, no entanto, é um país de grandes extensões territoriais, com cinco biomas diferentes (Figura 1) e dezenas de fitofisionomias (Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual etc.); com grandes variações de altitude, desde o nível do mar até 2.840 m e extensa faixa de latitude, entre 34° S e 5° N, o que tem forte influência sobre

o clima, que varia do tropical ao temperado. Trabalhos em escalas pouco detalhadas (de 1:1000.000 até 1:5000.000 ou mais) originam mapas, em nível nacional, que dificultam o detalhamento municipal da informação exigida, podendo produzir deformações significativas. A experiência mostra que, quando o trabalho é feito em escalas mais detalhadas, em nível regional ou, no máximo em escala estadual (de 1:100.000 até 1:300.000), os resultados se aproximam mais da realidade. Segundo Sentelhas (2018), os principais fatores climáticos que causam prejuízos à agricultura são deficiência hídrica (56%), excesso hídrico (17%), geada (14%), granizo (8%), ventos (3%) e outros (2%). Segundo o mesmo autor, o clima responde por aproximadamente 50% dos fatores determinantes para a produtividade da soja, sendo os demais; solos (23%), fatores inerentes à planta (13%) e manejo (14%). É importante lembrar também que em função de diferentes latitudes e altitudes, os riscos para as culturas podem ser variáveis em função da região, da sensibilidade de uma cultura e da época de cultivo. Por último, deve ser considerado que, por ser um trabalho de modelagem, mapas são estimados em computador, sendo importante levar em conta a tese de Martin (2010), sobre a necessidade de não se deixar “cegar” pelos números. A respeito de modelagem, Martin afirmou que muitos são levados a acreditar que, tendo-se um banco de dados, o sucesso depende apenas de sua capacidade de modelagem. E que, no entanto, o tempo mostra que cada vez mais é importante a interpretação e a análise final, sendo fundamental o juízo qualitativo do analista. Assim, partindo-se do princípio que as informações para o zoneamento devem ser dadas em escala municipal, nada mais confiável que, primeiramente, cada mapeamento seja feito em escala de trabalho regionalizada ou, no máximo em nível estadual, a exemplo do que já foi feito, para culturas de grãos e frutas (Caramori et al., 1998, 1999, 2001 e 2008), milho (Gonçalves et al., 2002), arroz de sequeiro (Wrege et al., 2001), café (Caramori et al., 2001b), entre outros. Todas as variáveis consideradas importantes devem ser estudadas igualmente. Outro ponto necessário é a validação regional para ajustes de caráter qualitativo. A descrição a seguir mostra sucintamente os principais passos sugeridos.

Metodologia

Nos trabalhos de zoneamento agrícola, primeiramente é preciso definir o ambiente ideal para uma dada cultura e quais são os períodos de cultivo que lhe proporcionam os menores riscos de ocorrência de fatores climáticos negativos. Assim, devem ser analisados os riscos climáticos de forma associada à fenologia da planta. Na prática, a definição dos seus limites ambientais é realizada por meio de revisões de literatura e da agregação do conhecimento acumulado ao longo do tempo por especialistas na cultura,

Figura 1. Mapa dos biomas brasileiros (IBGE, 2004) sobre o modelo hipsométrico (USGS, 1999).



como por exemplo, pesquisadores, professores, assistentes técnicos e agricultores, de instituições de pesquisa, universidades e do setor produtivo. Outro ponto importante é a organização e revisão dos dados meteorológicos. As primeiras ações são voltadas à conferência da completude, consistência e os erros existentes na base de dados climáticos, formada por uma rede de estações meteorológicas bem distribuídas em todo o território, com histórico de dados climáticos diários de, idealmente, pelo menos, 30 anos. Os dados mais importantes para as análises são a temperatura do ar e a precipitação pluvial. Com estas duas variáveis climáticas, pode-se estimar o ciclo das plantas, riscos de geada, horas de frio e temperaturas ideais, riscos de déficit hídrico nos estádios críticos de desenvolvimento das culturas no campo e riscos de excessos de chuva nos períodos previstos para a colheita, por exemplo.

A partir destes dados, as ações seguintes referem-se à sua geoespacialização em sistemas de informações geográficas – SIG, sendo classificadas as melhores regiões e períodos para o cultivo das diferentes espécies. O mapa de altitude é usado como suporte para o mapeamento das temperaturas, conforme metodologia de Pinto et al. (1972) e Wrege et al. (2011). Mapas de solos, quando disponíveis, também são muito úteis neste processo.

Determinação do ciclo das culturas

O ciclo das culturas pode ser bastante influenciado pelo ambiente. Algumas culturas, como por exemplo o milho, respondem a graus-dia. Portanto, em regiões mais frias ou mais quentes, a cultura pode mostrar diferenças sig-

nificativas de ciclo para uma mesma época de semeadura. A soja, por sua vez, é sensível ao fotoperíodo, mostrando diferenças de ciclo para diferentes latitudes ou diferentes épocas de cultivo para um mesmo local. Considerando-se ainda que, para a soja, existem genótipos pouco ou quase insensíveis ao fotoperíodo. Em trabalhos de zoneamento, a estimativa prévia do ciclo das culturas é importante para diferentes regiões. Isto porque os cálculos de risco devem ser feitos em função das épocas prováveis de cada período crítico (como por exemplo o florescimento), que pode ocorrer em datas diferentes, para diferentes locais, para uma mesma época de semeadura.

Distribuição de chuvas, riscos de déficit e excesso hídrico

A distribuição hídrica é o principal fator climático a ser considerado em todo o território brasileiro. Enfatizamos, no entanto, que, no Sul, em determinados momentos do ano e para algumas culturas, as temperaturas extremas são igualmente importantes. A simples verificação das quantidades de chuvas e as épocas de sua distribuição em um dado município e a comparação com as exigências mínimas de água de uma cultura já nos dá uma ideia de quando é possível cultivar uma espécie agrícola em uma região. No entanto, a realização de balanço hídrico é a forma mais racional de se conhecer o potencial de cultivo de uma cultura em um determinado local. Isto é feito a partir dos bancos de dados meteorológicos, em que é calculada a evapotranspiração de uma cultura em um dado período, por exemplo diariamente, fazendo-se a confrontação com os dados de

distribuição hídrica também diariamente. Ao final, tem-se um balanço, onde são comparadas as entradas e as saídas de água, historicamente, em um dado dia, considerando-se a necessidade hídrica da cultura em função de seu desenvolvimento. Para a planta, são considerados críticos, a umidade do solo no estabelecimento da cultura no campo, os primeiros dias após a semeadura, os estádios de florescimento e enchimento de grãos, quando o déficit hídrico é extremamente prejudicial. No período previsto para a colheita, pelo contrário, o excesso hídrico acarreta perdas significativas. Nos trabalhos tradicionais de zoneamento é possível, a partir de bancos de dados meteorológicos, fazer o balanço hídrico por vários métodos e também por diferentes métodos de cálculo da evapotranspiração, como fizeram Wrege et al. (1997) para feijão, Sans et al. (2001) para o milho e Farias et al. (2001) para a soja.

Risco de déficit hídrico

O déficit hídrico, como sugerido, é calculado segundo a metodologia apresentada por Wrege et al. (1997). O risco de déficit hídrico (dh) é obtido analisando-se, percentualmente, quantos dias (x), a cada 10 dias, ocorre déficit, utilizando-se a fórmula:

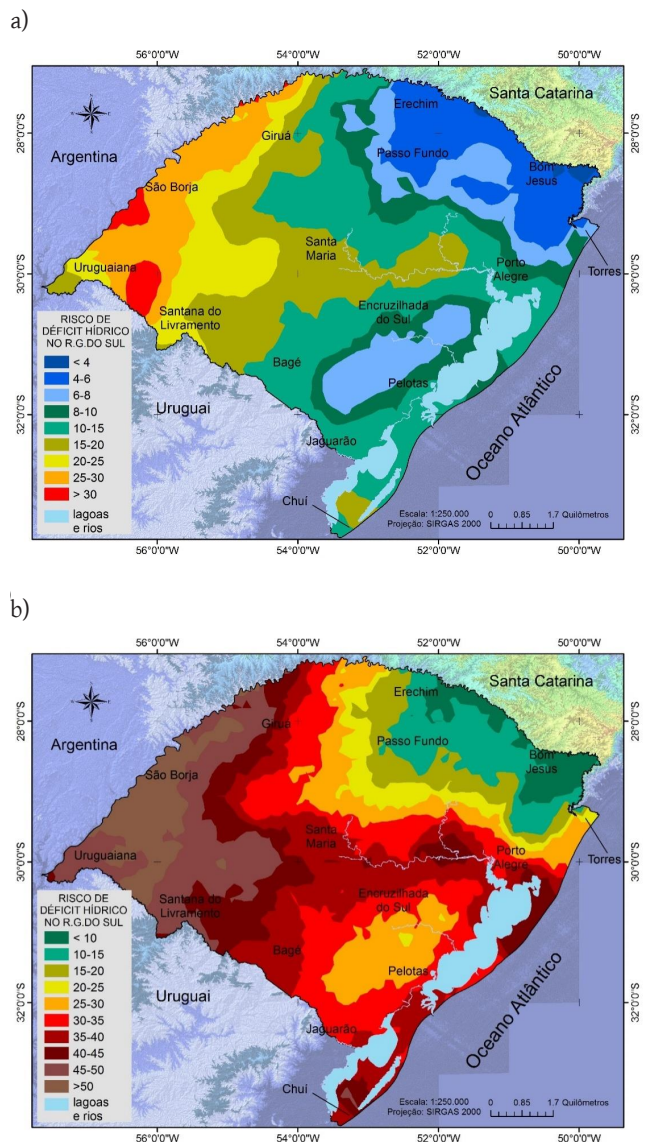
$$dh = (x/10)100$$

Após os cálculos é feita a espacialização dos dados, conforme as ilustrações a seguir (Figura 2), para o estado do Rio Grande do Sul. O cálculo do risco de deficiência hídrica é feito para estimar quais são as regiões e os períodos do ano mais favoráveis ao cultivo, com baixo risco de ocorrência de déficit, podendo-se efetuar a semeadura com a garantia de melhor produtividade, sem a necessidade de irrigação. Com isso é possível reduzir bastante a frustração de safras causada pela falta de chuva. Neste exemplo, em que se utilizou a distribuição empírica, tanto no outono quanto na primavera (Figuras 2a e 2b), os riscos tendem a ser baixos, sendo que no inverno praticamente não há risco. No verão (Figura 2b), o risco de déficit hídrico é maior na metade Sul do Estado e menor na metade Norte, onde a produtividade de grãos, na maioria dos casos, é maior. Na região da Fronteira Oeste, os riscos são bastante elevados nesta época do ano. Essas informações são levadas em conta na elaboração do zoneamento e mostram o quanto são variáveis as condições climáticas no País, muitas vezes percebida até mesmo em nível de município (Wrege et al., 2016a, 2016b e 2018a).

Riscos de excessos de chuva na colheita

O excesso hídrico no período previsto para a colheita pode ser calculado baseando-se na série histórica de dados de chuva. Algumas culturas são mais sensíveis que outras. A exemplo, podemos citar a cultura do feijão em ponto de

Figura 2. Risco de déficit hídrico na primavera e no verão no estado do Rio Grande do Sul (Wrege et al., 2018c).



colheita, quando uma quantidade de chuvas em torno de 30 mm, em 5 dias, apresenta alto índice de germinação dos grãos ainda na vagem. O trigo, por sua vez, quando recebe excesso hídrico na colheita, pode ter uma queda brusca no seu PH (peso do hectolitro), prejudicando a qualidade final do produto. Este problema será maior ou menor, dependendo da época do ano e da região. No Sul do Brasil, podem ocorrer excessos de chuva na colheita para diversas culturas, tanto no inverno quanto no verão. Exceções também existem em algumas regiões, como é o caso do Norte e Noroeste do Paraná, que apesar de não serem regiões secas, são de transição climática para o clima da região central do País, que apresenta inverno seco. O mesmo ocorre na metade Sul do Rio Grande do Sul, onde o clima é de transição para o clima do Uruguai e as chuvas tendem a se concentrar ligeiramente mais no inverno e um pouco menos no verão. Nas demais regiões do País, a chuvas na colheita são mais raras, sendo mais comum ocorrer déficit hídrico.

O risco de chuva na colheita (rcc) pode ser determinado

percentualmente pelo número de dias (x) com excesso de chuva a cada 10 dias, conforme a fórmula:

$$rcc = (x/10)100$$

Cálculos e espacialização do fator térmico

Quanto ao fator térmico é possível dizer que qualquer cultura tem uma faixa térmica ideal para o seu bom desenvolvimento. Temperaturas extremas, porém, causam sérios prejuízos a várias culturas. Temperaturas muito altas em momentos críticos prejudicam o florescimento de várias culturas. Para o feijão, temperaturas superiores a 28 ou até 30 °C ou mais, prejudicam a formação de grãos, por provocar o aborto de flores (Gonçalves et al., 1997; Massignam et al., 1998). O milho, por sua vez, não se desenvolve bem quando as temperaturas médias estão abaixo de 10 °C (Gonçalves et al., 2002).

Riscos de geada

A ocorrência de geada é um exemplo de caso de temperatura extrema, que tem o potencial de matar as plantas ou destruir suas partes vitais. É importante considerar que não estamos falando de geada do ponto de vista físico. Trata-se de geada do ponto de vista agrônomo. Ou seja, a ocorrência de uma temperatura prejudicial à espécie agrícola estudada, em qualquer fase de desenvolvimento, ou letal apenas em um momento crítico, como, por exemplo, o florescimento. Para o trigo, baixas temperaturas podem não prejudicar no início do desenvolvimento das plantas, porém, 3°C no abrigo meteorológico podem danificar as suas flores (Gonçalves et al., 1998). Lembrando que tal sensibilidade é variável entre as espécies. Para a região Sul, devem ser considerados os riscos de geada para várias espécies, notadamente as culturas anuais de outono (safriinha) e de inverno. As perenes, por sua vez, suscetíveis às baixas temperaturas, podem ter o seu cultivo inviabilizado em determinadas regiões. O café, por exemplo, independentemente das suas necessidades hídricas, não é viável economicamente nas regiões mais altas e frias, justamente por altos riscos de baixas temperaturas. Várias culturas anuais, pelo mesmo motivo, não podem ser cultivadas em qualquer época do ano, em função da temperatura, independentemente da distribuição hídrica. Assim, nos estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, a temperatura é a variável climática que praticamente define regiões e períodos de cultivo, para culturas de outono-inverno, seguida do risco de déficit hídrico. A época de semeadura é variável conforme a região e a cultura, podendo ser feita quando o risco cair abaixo de uma faixa de risco considerada aceitável, dependendo da espécie (Figura 3).

O risco de geada (rg) é determinado percentualmente pelo número de dias (x) com temperaturas mínimas menores que 1, 2 ou 3 °C (dependendo da cultura) (registradas no

abrigo meteorológico) a cada 10 dias, conforme a fórmula:

$$rg = (x/10)100$$

O risco de geada é calculado indiretamente, usando-se a temperatura mínima, pois existe uma relação direta entre a temperatura mínima que ocorre no abrigo meteorológico e a ocorrência de geada. Essa relação foi definida por Grodzki et al. (1996), que considerou uma diferença de 3 a 4 °C entre a temperatura registrada no abrigo e na relva. Assim, quando a temperatura mínima está em 3 °C no abrigo, encontra-se aproximadamente a 0 °C na relva, podendo causar prejuízos econômicos às lavouras.

Nas Figuras 3a e 3b, apresentadas como exemplo, pode-se observar que o risco de geada, determinado pela distribuição de Gumbel, nos meses de junho e agosto é menor no Norte e Noroeste do Paraná, sendo maior no Sul do estado, devido à combinação da altitude e da latitude (Wrege et al., 2018a). O Paraná fica no paralelo 23 °S (trópico de Capricórnio), na transição do clima tropical para o temperado e, ao Sul deste paralelo, ainda ocorre aumento gradual da altitude, acima dos 600 m, contribuindo ainda mais para a redução da temperatura. A cada 100 m de altitude, ocorre redução um pouco menor que 1 °C na temperatura do ar (Fritzsons et al., 2015). Em agosto (Figura 3b), o risco de geada começa a diminuir, mas ainda é alto no Sul do estado. Essas informações são levadas em conta na elaboração do zoneamento e, mais uma vez, mostram a variação climática que ocorre no País em nível municipal, reforçando a importância de realização do zoneamento em nível estadual (Wrege et al., 2016a, 2016b e 2018b).

Outras variáveis climáticas ou índices importantes

Cada espécie tem suas limitações nas fases críticas, principalmente no florescimento, com problemas de aborto floral causado pelas altas temperaturas que ocorrem durante o dia ou pelas geadas, que matam as flores, conforme já abordado anteriormente. Algumas espécies, por sua vez, precisam de um número de horas de frio (<7,2 °C ou < 13 °C) para quebrar a dormência (espécies criófilas de clima temperado, na maioria dos casos, fruteiras de clima temperado e algumas espécies florestais) (Wrege et al., 2011; 2016c). Na Figura 4, pode-se observar a variação que existe no número de horas de frio (<7,2 °C) no sul do País, desde o Norte e Noroeste do Paraná, com menos de 50 horas acumuladas no período outono-inverno, até mais de 600 horas, na região das serras do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, além do extremo sul do Brasil, entre os municípios de Santana do Livramento, Santana da Boa Vista, Canguçu, Pelotas e Chuí (nestes municípios, a altitude é menor que 400 m). Essas informações devem ser levadas em conta na elaboração do zoneamento quando são trabalhadas as fruteiras de clima temperado e as culti-

Figura 3. Risco de geada em junho e em agosto no estado do Paraná (Wrege et al., 2018b).

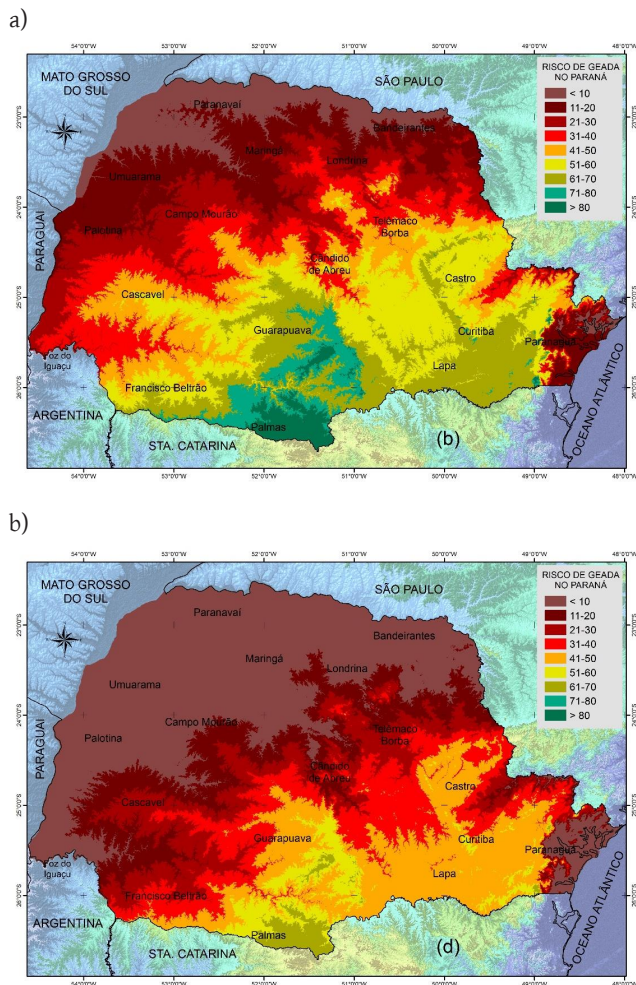
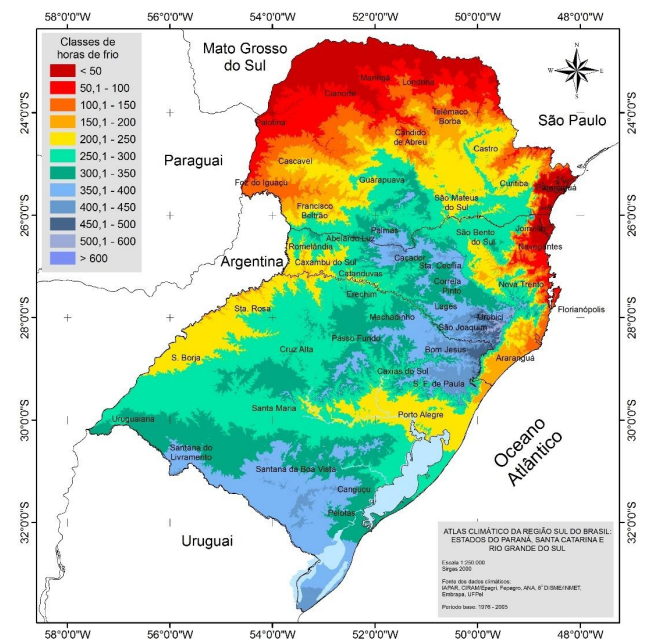


Figura 4. Soma do número de horas de frio (<7,2 °C) entre maio e setembro na região sul do Brasil (Wrege et al., 2011; 2016c).



vares são classificadas e indicadas para plantio, de acordo com suas necessidades de frio para quebra da dormência. Desse modo, por exemplo, pode-se plantar pessegueiro em todo o Rio Grande do Sul, mas existem cultivares de baixa necessidade de frio que não toleram geada, indicadas para plantio nas regiões mais quentes. Por outro lado, existem cultivares de alta necessidade de frio e que toleram geada, indicadas para plantio nas regiões mais frias, de maior altitude.

A indicação das cultivares deve ser feita em parceria com o setor produtivo local e é comum ocorrerem mudanças ao longo dos anos, pois existem interações bióticas e abióticas muitas vezes impossíveis de prever. Além disso, é preciso fazer uma composição correta entre cultivares produtoras e polinizadoras para que o pomar tenha uma produção comercial satisfatória e fazer uma combinação perfeita entre enxerto e porta-enxerto, considerando os parâmetros pedoclimáticos locais.

Resultados e discussão

Apesar de a deficiência hídrica ser o fator mais importante para qualquer cultura, não é o único fator de risco a ser considerado. Daí a importância do estudo de todas as

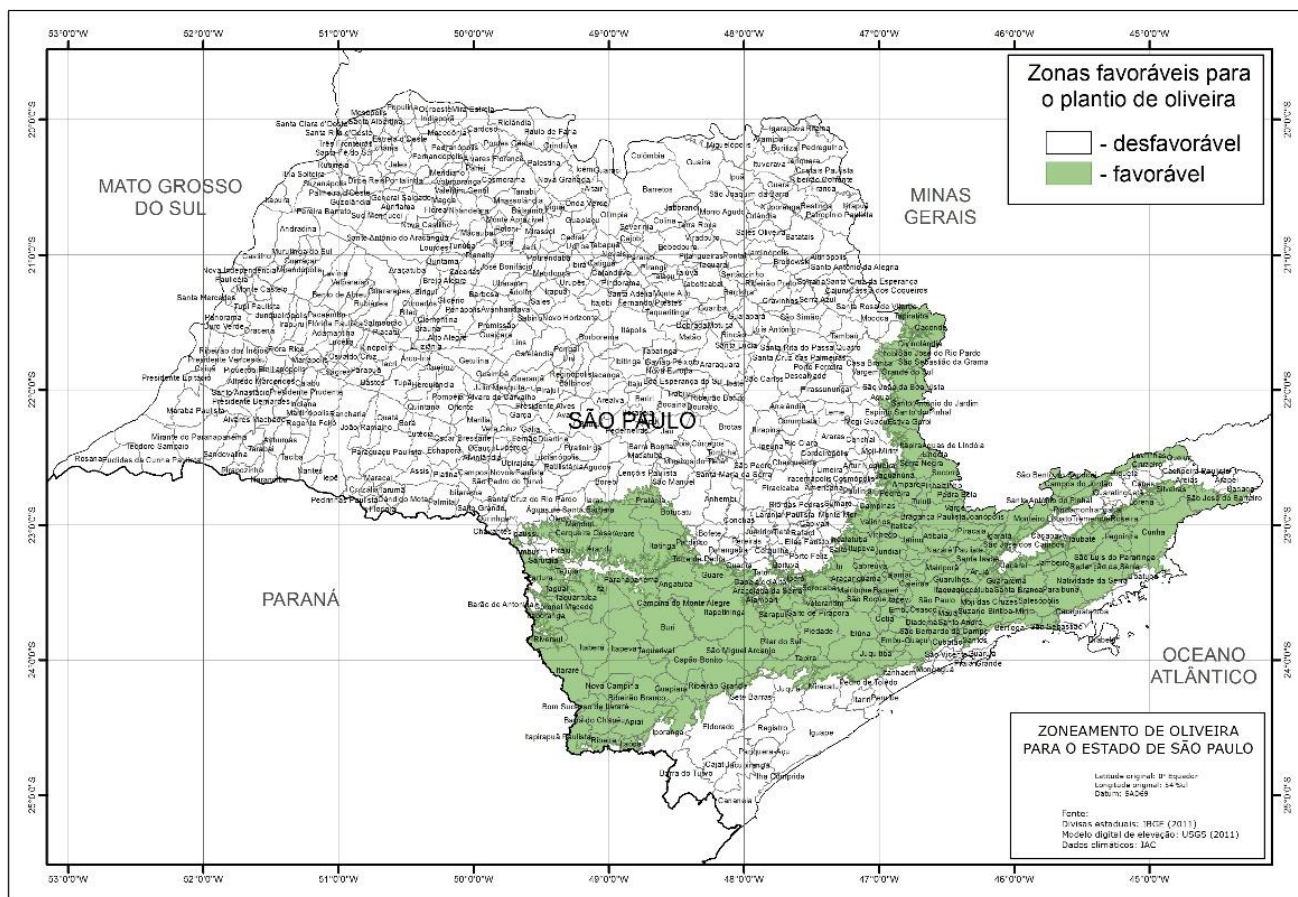
variáveis climáticas importantes para a fisiologia da espécie na elaboração do zoneamento agrícola. Cada variável climática primeiro deve ser estudada separadamente e, somente ao final do trabalho, os dados devem ser cruzados para interpretações e análises, obtendo-se mapas finais e em escala regional, com regiões climaticamente homogêneas em relação às exigências da cultura. Lembrando ainda que, quando a cultura é perene, estes fatores devem ser estudados durante todo o ano, ao passo que, quando é anual, deve-se focar as análises apenas no período do ano mais provável de cultivo da espécie. Isto explica a razão de o trabalho ser agrônomo, uma vez que é possível, em uma mesma região, o cultivo de uma dada espécie e de outra não, sendo que isto pode ocorrer em regiões geográficas não muito distantes, muitas vezes até mesmo dentro de um município. Além disso, outros fatores ambientais importantes, mesmo independentes da cultura estudada, como mapas de solos e de relevo, na mesma escala, devem ser incorporados aos mapeamentos, a exemplo do que já ocorreu em alguns trabalhos de zoneamento (Flores et al., 2009; Wrege et al., 2017). Assim, na elaboração de um zoneamento agrícola, devem ser estudadas as probabilidades de ocorrência de geada e de déficit hídrico no estabelecimento e no florescimento, de chuvas excessivas na colheita, de ocorrência de temperaturas inadequadas, como as que causam aborto de flores e, ainda, o número de horas de frio, quando for o caso. Após todos os cruzamentos de informações, o resultado final é apresentado na forma de mapas, gerados em ambiente SIG, contendo as indicações de quais regiões um cultivo ou plantio pode ser feito com maiores chances de sucesso (Figura 5) e, nestas regiões, qual a melhor época para o cultivo, também com os meno-

res riscos climáticos. Após a criação de regiões homogêneas, uma forma de checagem dos resultados gerados é levar em consideração a produção e a produtividade histórica dos municípios dentro de cada região criada, utilizando-se os bancos de dados oficiais disponíveis, seja no âmbito estadual quanto no federal.

Estes são os passos básicos que devem ser utilizados na metodologia de um zoneamento agrícola. A justificativa para o seu uso ocorre devido a alguns aspectos fundamentais, que merecem ser destacados, reforçando a necessidade da escala regionalizada. A distribuição hídrica é extremamente variável no tempo e no espaço. Os cálculos de risco de deficiência hídrica, por sua vez, são sempre feitos pontualmente, considerando as coordenadas geográficas das estações meteorológicas presentes no banco de dados. O restante da região, onde não existem as estações meteorológicas é estimado. Essa estimativa deve ser feita por meio de equações matemáticas (regressões ou semi-variogramas, conforme o caso) que representem a realidade e com um mínimo de confiabilidade estatística, para que os mapas gerados reflitam a realidade. Porém, como a variabilidade é muito grande, normalmente as equações matemáticas geradas pelos métodos de interpolação, para dados de deficiência hídrica, geram mapas que podem não

representar a realidade de forma precisa. Gonçalves (2004) mostrou que a variabilidade na geração de mapas de deficiência hídrica é grande para um mesmo conjunto de dados, sendo comum o surgimento de diferentes mapas e diferentes ambientes climáticos utilizando diferentes métodos de interpolação. Assim, os mapas gerados dependem primordialmente da qualidade dos dados das estações meteorológicas e do método de interpolação. Como consequência, este procedimento, quando se faz interpolação única e apenas com dados de deficiência hídrica, pode gerar agrupamentos imprecisos de municípios. Por isso, em muitos casos, a confrontação dos mapas gerados no computador com a realidade observada no campo pode ser questionada e contestada por agricultores e especialistas em uma cultura e que têm conhecimento de sua região. Este processo pode ser agravado quando não se usa a escala adequada nos mapeamentos, com o nível de detalhes necessário. As outras variáveis climáticas importantes também devem ser mapeadas por interpolação, separadamente e, ao final, deve-se fazer uma composição com dados de solos, relevo, produtividade da cultura, ou outras informações relevantes, que aliadas ao fator hídrico, na escala regional, poderão dar um resultado mais coerente e que melhor represente a realidade.

Figura 5. Zoneamento agrícola para oliveira no estado de São Paulo, Brasil. Zona verde: favorável e Zona branca: desfavorável (Pantano et al., 2014).



Com o avanço científico e a crescente disponibilidade de dados coletados remotamente, juntamente com o conjunto de dados meteorológicos, tem sido possível o cálculo da evapotranspiração em múltiplas escalas, baseando-se no balanço energético de superfície (Senay et al, 2013 e 2016). Isto tem sido feito em vários países, em escala regional ou estadual, principalmente em projetos de irrigação. A exemplo do que fizeram Senay et al (2016), no tocante ao mapeamento da evapotranspiração, da disponibilidade hídrica e do padrão de utilização da água na região da bacia do rio Colorado (EUA), para um determinado período do ano, partindo-se de imagens do satélite Landsat. Savoca et al. (2013) e Giambellucca et al. (2014) também utilizaram o sensoriamento remoto e dados meteorológicos para fazer o balanço de energia superficial e estimar a evapotranspiração real e, conseqüentemente, estimar regionalmente o uso da água, obtendo a evapotranspiração média de 10 anos em escalas, tanto regionais quanto nacionais. Estas metodologias também se baseiam em estimativas, principalmente sobre quantidade de água perdida em uma superfície regional e a necessidade de água para irrigação. Poderão ser muito úteis no futuro, em trabalhos de zoneamento, para ajudar a delinear e definir regiões, por mapear as perdas hídricas uniformes, ocorrentes em uma determinada região e em um mesmo período de tempo. Outra metodologia, para zoneamento edafoclimático, baseia-se na utilização das unidades de solos para a elaboração dos mapas de clima, considerando que a formação dos solos tem relação com a altitude e relevo. Pode-se extrair de cada polígono *shapefile* os valores de altitude, latitude e longitude e calcular os riscos climáticos com as equações de regressão. Da mesma maneira, pode-se calcular o risco de déficit hídrico e atribuir a cada polígono, um valor de déficit, baseando-se na distância entre a estação meteorológica e o polígono, em ambiente SIG. Os mapas de clima, assim, passam a ter correspondência ao mapa de solos.

A forma de elaboração de mapas, como é proposta aqui, mesmo em escala regionalizada também é passível de erros. É necessário então, em todo trabalho de zoneamento, algum método rápido de checagem e busca de possíveis equívocos, seja nos bancos de dados, nos cálculos ou nos mapeamentos. Um sistema de comparações e cruzamentos de informações com outros bancos de dados disponíveis, como dados oficiais de climatologia, dados oficiais de produtividade, trabalhos de zoneamentos anteriores, levantamento de dados históricos de sinistralidade das culturas em nível municipal, quando disponíveis, entre outros, seria muito importante. Assim, trabalhos desenvolvidos por estado, em escala regional, permitem considerar as especificidades locais e a adaptação de cada cultura, sendo possível ir até ao nível de mapas para exigências específicas, de variedades desenvolvidas para cada zona climática homogênea de cada região ou estado, como no caso dos zonea-

mentos do pessegueiro e da nectarineira para os estados do Paraná (Caramori et al., 2008) e do Rio Grande do Sul (Herter et al., 2003). Por último, destaca-se como fundamental que o trabalho seja avaliado por especialistas em cada cultura, que atuem nas principais regiões produtoras, com grande conhecimento local. Na prática, devem ser feitas reuniões regionais que servem para apresentação dos trabalhos, para discussões, ajustes qualitativos e validação do trabalho junto à sociedade, cooperativas agrícolas e agroindustriais, empresas do agronegócio e especialistas que conhecem a cultura, com o conhecimento tácito acumulado ao longo dos anos e com idoneidade para opinar. O grande avanço no conhecimento agrícola atingido pelo Brasil nas últimas décadas e que está levando o País a uma posição de destaque na agricultura mundial se deu pelo trabalho das instituições de pesquisa no âmbito federal e estadual, das universidades, do sistema cooperativo e pelo empreendedorismo do agricultor brasileiro. Portanto, a participação desses agentes, direta ou indiretamente, na construção deste instrumento de política agrícola, que é o zoneamento agrícola, reputa-se como fundamental.

Considerações Finais

O zoneamento agrícola é uma ferramenta de suporte aos programas de política agrícola que é usada para auxiliar a tomada de decisão sobre o que cultivar, em quais locais e em quais épocas. O trabalho, quando realizado em escala estadual permite detalhar o zoneamento por cultivar, variedade ou clone, com maior aproximação da equipe executora com o setor produtivo local e obtenção de melhores resultados nas avaliações de validação.

Isto atende às necessidades e exigências do sistema de seguro agrícola, que é ter informações em nível de município. Possibilitando, assim, contribuir ainda mais para a redução das taxas de sinistralidade, de coberturas duvidosas de seguros e que os programas de seguridade se mantenham superavitários e sustentáveis.

Referências

- CARAMORI, P.H.; CAVIGLIONE, J.H.; GONÇALVES, S.L.; WREGGE, M.S.; OLIVEIRA, D. de; FARIA, R.T. de; LOLLATO, M.A.; MARIOT, E.J.; KRANZ, V.; PARRA, M. Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para feijão no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 477-485, 2001a.
- CARAMORI, P.H.; CAVIGLIONE, J.H.; WREGGE, M. S.; HERTER, F. G.; HAUAGGE, R.; GONÇALVES, S.L.; CITADIN, I.; RICCE, W.S. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura** (Impresso), v. 30, p. 1040-1044, 2008.
- CARAMORI, P.H.; CAVIGLIONE, J.H.; WREGGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; FARIA, R. T. de; ANDROCIOLI FILHO, A.; CERA, T.; KOGUISHI, M.S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 486-494, 2001b.
- CARAMORI, P.H.; GONÇALVES, S.L.; WREGGE, M. S.; OLIVEIRA, D.; LOLLATO, M. A.; MARIOT, E. J.; KRANZ. **Zoneamento da cultura do feijão no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1998 (Circular técnica n.99).

- CARAMORI, P.H.; WREGGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; GERAGE, A.C.; GOMES, J. **Zoneamento agroclimático da cultura do milho no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1999 (Informe de Pesquisa n.129).
- FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R. de et al. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n.3, p. 415-421, 2001.
- FLORES, C.A.; FILIPPINI ALBA, J.M.; WREGGE, M.S. **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.
- FRTZONS, E.; WREGGE, M.S.; MANTOVANI, L.E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 108-119, 2015.
- GIAMBELLUCCA, T.W.; SHUAI, X.; BARNES, M.L.; ALLISS, R.J.; LONGMAN, R.J.; MIURA, T.; CHEN, Q.; FRAZIER, A.G.; MUDD, R.G.; CUO, L.; BUSINGER, A.D. **Evapotranspiration Hawaii, i Final Report** U.S. Army Corps of Engineers - Honolulu District and Commission on Water Resource Management, State of Hawai'i, Fevereiro de 2014.
- GONÇALVES, S.L. **Riscos de deficiência hídrica e épocas de semeadura de milho (Zea Mays L.) na região dos Campos Gerais do Paraná**. Maringá, 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia - UEM) - Universidade Estadual de Maringá, 2004.
- GONÇALVES, S.L.; CARAMORI, P.H.; WREGGE, M.S.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R. Regionalização para épocas de semeadura de trigo no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.2, p. 239-248, 1998.
- GONÇALVES, S.L.; WREGGE, M.S.; CARAMORI, P.H.; MARIOT, E. J.; BORROZZINO, E.; ABUCARUB NETO, M. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30 °C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n.1, p. 99-107, 1997.
- GONÇALVES, S.L.; WREGGE, M.S.; CARAMORI, P.H.; SHIOGA, P.; GERAGE, A.C. Épocas de semeadura do milho safrinha no Paraná com menores riscos climáticos. **Acta Scientiarum** (UEM), Maringá, v. 24, n.5, p. 1287-1290, 2002.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. Risco de ocorrência de geada no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa maria, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.
- HERTER, F.G.; WREGGE, M. S.; RASEIRA, M.C.B.; STEINMETZ, S.; NAKASU, B. H.; PEREIRA, I. dos S. **Zoneamento agroclimático da cultura do pessegueiro e da nectarineira no Rio Grande do Sul**. Pelotas: CPACT / Embrapa, 2003 (Série Documentos).
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004. Textos adaptados de Ecossistemas Brailleiros. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas>>. Acesso em: Abr. 2018.
- MARTIN, R. Beyond the numbers. **Rotman Magazine**. Spring, 2010. Disponível em: <https://rogerlmartin.com/docs/default-source/Articles/business-design/rotman_spring_10_beyond_the_numbers>. Acesso em 09/11/2018.
- MASSIGNAM, A.M.; VIEIRA, H.J.; HEMP et al. Ecofisiologia do feijoeiro II. - Redução do rendimento pela ocorrência de altas temperaturas no florescimento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 41-45, 1998.
- PANTANO, A.P.; BERTONCINI, E.I.; WREGGE, M. S. Pré-zoneamento para a cultura da oliveira no Estado de São Paulo. **O Agrônomo** (CAMPINAS), v. 66, p. 52-55, 2014.
- PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função da altitude e latitude**. São Paulo: Instituto de Geografia, FFCL, USP, 1972. 20 p. (Caderno Ciências da Terra, 23).
- ROSSETTI, L.A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e segurança rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Vol.9, n.3, Número Especial, p.386-399, 2001.
- SANS, L.M.A; ASSAD, E.D.; GUIMARÃES, D.P. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na Região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n.3, p. 527-535, 2001.
- SAVOCA, M.E.; SENAY, G.B.; MAUPIN, M.A.; KENNY, J.F.; PERRY, C.A. Actual evapotranspiration modeling using the Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) approach. **Scientific Investigations Report**. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2013.
- SENAY, G.B.; BOHMS, S.; SINGH, R.K.; GOWDA, P.H.; VELPURI, N.M.; ALEMU, H. VERDIN, J.P. Operational evapotranspiration mapping using remote sensing and weather datasets: a new parameterization for the sseb approach. **Journal of the American water resources association**, June, 2013.
- SENAY, G.B.; FRIEDRICH, M.; SINGH, R.K.; VELPURI, N.M. Evaluating Landsat 8 evapotranspiration for water use mapping in the Colorado River Basin. **Remote Sensing of Environment** 185 p. 171-185, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.043>
- SENTELHAS, P.C. **Perdas de produtividade por manejo e clima**. VIII Congresso Brasileiro de Soja. Goiânia-GO, 11 a 14, Junho, 2018.
- TCU. **Auditoria operacional. PROAGRO e Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)**, 2014. Disponível em <https://contas.tcu.gov.br/pesquisaJurisprudencia/#/pesquisa/acordao>. Acesso em 20 junho de 2017.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY - Survey National Mapping Division. **Global 30 Arc Second Elevation Data**. 1999. Disponível em: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>. Acesso em: 10 julho 2011.
- WREGGE, M. S.; CARAMORI, P.H.; GONÇALVES, S.L.; COLASANTE, L.O.; FUKOSHIMA, M. T.; ABUD, N. S. Determinação das melhores épocas de semeadura do arroz de sequeiro, *Oryza sativa*, no estado do Paraná. **Acta Scientiarum** (UEM), Maringá, v. 23, n.5, p. 1179-1183, 2001.
- WREGGE, M. S.; GARRASTAZU, M. C.; FLORES, C. A.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. Zoneamento edafoclimático da acácia-negra para o extremo sul do Brasil. **Agrometeoros**, v. 25, p. 83-93, 2017.
- WREGGE, M. S.; GONÇALVES, S.L.; CARAMORI, P.H.; VASCONCELLOS, M. E. C.; OLIVEIRA, D.; ABUCARUB NETO, M.; CAVIGLIONE, J.H. Risco de deficiência hídrica na cultura do feijoeiro durante a safra das águas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n.1, p. 51-59, 1997.
- WREGGE, M.S.; CARAMORI, P.H.; FRITZONS, E.; PARTALA, A.; CHRISTENSEN, G. L. Agroclimatic zoning for eucalyptus in the state of Paraná and the new scenarios defined by global climate change. **Geama**, v. 3, p. 216-228, 2017c.
- WREGGE, M.S.; CARAMORI, P.H.; NITSCHKE, P.; FRITZONS, E.; BOGNOLA, I. A.; SOARES, M. T. S.; GOMES, J.B.V.; HOLLER, W.A. **Cartas climáticas dos municípios da Bacia do Paraná 3**. Colombo: Embrapa Florestas, 2018a (Documentos).
- WREGGE, M.S.; FRITZONS, E.; SOARES, M. T. S.; PANTANO, A.P.; STEINMETZ, S.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; PANDOLFO, C. Risco de ocorrência de geada na região Centro-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 524-553, 2018b.
- WREGGE, M.S.; FRITZONS, E.; SOARES, M.T.S.; BOGNOLA, I.; GARRASTAZU, M. C. **Cartas climáticas do município de Rio Negrinho, SC**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016a (Documentos).
- WREGGE, M.S.; FRITZONS, E.; SOARES, M.T.S.; BOGNOLA, I.; GARRASTAZU, M. C. **Cartas climáticas do município de Telêmaco Borba, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016b (Documentos).
- WREGGE, M.S.; HERTER, F.G.; FRITZONS, E. Regiões com similaridade de horas de frio no outono-inverno no sul do Brasil (Chilling hours homogeneous areas in autumn-winter in Southern Brazil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 108-121, 2016c.
- WREGGE, M.S.; REISSER JÚNIOR, C.; STEINMETZ, S.; RADIN, B.; FRITZONS, E. Risco de déficit hídrico para espécies florestais e frutíferas no Rio Grande do Sul. **Revista Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 55-68, 2018c.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado / Colombo: Embrapa Florestas, 2011. v. 1. 332 p.

REFERENCIAÇÃO

GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S. Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.2, p.275-183, dez 2018.



Considerations on methodologies for agricultural zoning on a regional scale

Sergio Luiz Gonçalves^{1(*)} and Marcos Silveira Wrege²

¹Embrapa Soja. Rodovia Carlos João Strass, s/n^o, Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR, Brazil.

E-mail: sergio.goncalves@embrapa.br

²Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP 83411-000 Colombo, PR, Brazil.

E-mail: marcos.wrege@embrapa.br

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 December 2018

Accepted 26 February 2020

Index terms:

climatic risks

agricultural insurance

rural credit

homogeneous regions

ABSTRACT

Agricultural zoning was instituted as an agricultural policy instrument for use in rural insurance and agricultural credit in Brazil in 1996. It was used to reduce climate risks in Brazilian agriculture and thereby reduce PROAGRO claims rates. The climatic variable related to the highest losses is water deficit. In Southern region it is also related to the risks of frost or high temperatures in flowering stage. In the case of temperate fruit, the sum of the chilling hours in the winter-autumn, although not constituting a risk, is an indispensable condition for production. Risks should be calculated for critical periods such as sowing, flowering and filling of grains, and harvesting when excess rainfall damages grain quality. Based on these criteria, it is possible to select the regions and sowing periods with the lowest risks. In this study, considerations are made about agricultural zoning methodology at regional scale, using all local climate variables that constitute risk. The risks, calculated individually, are composed in a GIS environment, creating homogeneous regions, by species cultivated. In the final stage, validation takes place, using historical data on productivity and loss ratio and consultation with groups of crop experts

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S. Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.26, n.2, p.275-183, dez 2018.