

Armazenamento de Água no Solo das Estações Experimentais da Embrapa Clima Temperado



ISSN 1516-8840

Novembro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 427

Armazenamento de Água no Solo das Estações Experimentais da Embrapa Clima Temperado

*Carlos Reisser Júnior
Ivan Rodrigues de Almeida
Santiago Vianna Cuadra
Sílvio Steinmetz*
Editor(es) técnico(s)

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson,*

Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon

Revisão de texto: *Eduardo Freitas de Souza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Nathália Coelho (estagiária)*

Foto de capa: *Paulo Lanzetta*

1ª edição

1ª impressão (2016): 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

4727 Armazenamento de água no solo das estações
 experimentais da Embrapa Clima Temperado /
 Carlos Reisser Junior... [et al.]. – Pelotas: Embrapa
 Clima Temperado, 2016.
 42 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
 ISSN 1516-8840 ; 427)

1. Meteorologia. 2. Água. 3. Água do solo.
I. Almeida, Ivan Rodrigues de. II. Cuadra, Santiago
Vianna. III. Steinmetz, Sílvio. IV. Série.

Autores

Carlos Reisser Júnior

Engenheiro agrícola, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Ivan Rodrigues de Almeida

Geógrafo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Santiago Vianna Cuadra

Meteorologista, doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Sílvio Steinmetz

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Apresentação

A temperatura do ar e a disponibilidade de água são dois fatores determinantes dos vários tipos de vegetação existentes na Terra. Esses fatores também são muito importantes para a produção de alimentos, pois afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade dos agroecossistemas, ecossistemas e biomas. A organização de séries de dados meteorológicos de um determinado local permite, além de caracterizá-lo climaticamente, determinar o seu potencial produtivo. Conhecendo as condições passadas é possível estimar o futuro. O uso de ferramentas que calculam a disponibilidade desses recursos permite que produtores e pesquisadores possam programar corretamente as técnicas a serem implantadas em sistemas agropecuários.

A Embrapa Clima Temperado visa, por meio desta publicação, caracterizar as condições de disponibilidade de água no solo de suas estações experimentais e as variáveis meteorológicas que nela interferem, bem como servir de base de informação para a região próxima a essas três bases físicas, situadas nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, no Rio Grande do Sul.

Clenio Nailto Pillon
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Introdução	9
Metodologia	11
Resultados	17
Considerações finais	40
Referências	41

Armazenamento de Água no Solo das Estações Experimentais da Embrapa Clima Temperado

Carlos Reisser Júnior
Ivan Rodrigues de Almeida
Santiago Vianna Cuadra
Sílvio Steinmetz

Introdução

A meteorologia é um ramo da ciência relacionada com a área da física que estuda os fenômenos atmosféricos. Várias são as modalidades em que é dividida, as quais são, principalmente: a meteorologia física, a dinâmica, a sinótica, a aeronáutica, além da climatologia, da aerologia, da biometeorologia, da hidrologia e da meteorologia agrícola. Essas modalidades estudam os processos que envolvem radiação, temperatura, precipitação, evaporação, granizo, descargas elétricas, movimentos da atmosfera e suas alterações, processos atmosféricos para previsão de tempo, distribuição geográfica dos parâmetros meteorológicos, a alta atmosfera e os princípios meteorológicos relacionados diretamente à navegação aérea e marítima, o ciclo da água na atmosfera, e também os fenômenos relacionados às atividades agropecuárias.

A meteorologia agrícola é uma das modalidades de grande importância, pois as atividades agrícolas a ela relacionadas são totalmente dependentes do tempo e do clima. As condições atmosféricas determinam a quase totalidade das etapas das atividades agrícolas que vão desde o preparo do solo até a colheita dos produtos e seu transporte. Em instituições de pesquisa, a coleta

e armazenamento de informações relativas ao tempo é que permite determinar o potencial climático das diversas regiões para explorar, da melhor forma, o seu potencial ambiental.

As condições da atmosfera analisadas no momento ou no estado atual são definidas como tempo, o qual pode mudar a todo momento e, quando analisadas, as suas condições médias definem-se como clima (FORSDYKE, 1975). Portanto, clima é caracterizado por um tempo médio, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), de um período de 30 anos. Nesse contexto, a observação das variáveis relativas à atmosfera determina a condição de tempo de determinado local, assim como o armazenamento dessas observações permite que se defina uma condição média, que é o seu clima.

Conforme Sentelhas et al. (1999), os mais importantes elementos do clima são aqueles que determinam e caracterizam o estado da atmosfera e são as grandezas variáveis de temperatura, de umidade relativa, de pressão, velocidade e direção do vento e de precipitação. Os fatores climáticos que são agentes causais condicionantes dos elementos climáticos são radiação solar, fatores geográficos, altitude e latitude, continentalidade, relevo, circulação atmosférica, dentre outros.

Os elementos mais importantes para a agricultura são: radiação solar, temperatura do ar e do solo, umidade do ar, chuva e vento. De acordo com Sentelhas e Monteiro (2009), o conhecimento das relações entre as condições físicas do ambiente, em especial solo e atmosfera, e as diversas espécies cultivadas, é que permite a obtenção de informações mais precisas acerca da influência do tempo e do clima no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade das culturas. O conhecimento das condições climáticas existentes nos vários locais de experimentação é fundamental para se realizar uma programação do trabalho com maior segurança de atingir os objetivos propostos. A disponibilidade de água no solo é fator importante na

programação, visto que essa pode influenciar negativamente no levantamento de potenciais produtivos dos vários materiais genéticos, levando o investigador a resultados sem consistência. A escolha de práticas culturais, como definição de épocas de semeadura e plantio, por exemplo, também deve ser programada adequadamente baseada nas condições de anos anteriores, para que se possa atingir os objetivos da experimentação. Para os autores Sentelhas et al. (1999), o balanço hídrico climatológico é uma das maneiras de monitorar a variação do armazenamento de água no solo e, fazendo-se essa contabilização, tanto diária como mensal. Com valores de vários anos, essa metodologia pode ser um indicador da média da disponibilidade hídrica em uma região para várias culturas. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo informar e comparar alguns dos elementos do clima das três estações experimentais da Embrapa Clima Temperado, bem como a probabilidade anual de redução de umidade do solo, com a finalidade de disponibilizar informações que permitam aos pesquisadores desse centro de pesquisa programar e instalar experimentos com a segurança de se coletar resultados adequados aos objetivos e metas propostos. Essas informações também servem para caracterizar as condições de tempo ocorridas nos últimos anos, determinando principalmente a disponibilidade de água no solo, fator muito relacionado com a produtividade dos cultivos, que é um fator integrante de vários elementos do clima, como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e chuva.

Metodologia

Foram reunidos os dados dos elementos climáticos das três estações meteorológicas convencionais da Embrapa Clima Temperado, localizadas junto às três bases físicas do centro de pesquisas (Estação Experimental Cascata/EEC: 31°37'18" S; 52°31'42" W; 210 m, Estação Experimental de Terras Baixas/ETB: 31°48'09" S; 52°24'25" W; 12 m, Campo Experimental da Sede/Sede: 31°40'59" S; 52°26'10" W; 60 m).

Os registros coletados das estações foram temperatura máxima e mínima diária do ar, insolação, umidade relativa do ar média diária, chuvas e velocidade média diária do vento à altura de 2 m. Os dados de temperatura foram medidos em termômetros de máxima e mínima em °C, a insolação em heliógrafo em horas, a lâmina de chuva coletada em pluviômetro em milímetros, e a velocidade média do vento em anemômetro em ms⁻¹. Para determinação da radiação solar global incidente (Qg) em MJ m⁻² dia⁻¹, utilizou-se a Equação 1, onde:

$$Q_g = Q_o[a + b (n N^{-1})]$$

Sendo:

Q_o= radiação solar em superfície horizontal no topo da atmosfera (MJ m⁻² dia⁻¹)

a e b = constantes em equação que relaciona as radiações [para Pelotas-RS, a = 0,20 e b= 0,49, conforme Steinmetz et al. (1999)]

n= insolação diária medida no heliógrafo

N= número diário possível de horas de brilho solar, tabelado

Com os dados climáticos organizados em planilhas eletrônicas, foi calculado o balanço hídrico do solo para as condições de armazenamento do solo (CAD) de 20, 40, 60, 80 e 100 milímetros. A equação utilizada para cálculo de evapotranspiração foi a de Penmann-Monteith (ALLEN et al., 1998), o mais indicado pela FAO, conforme a Equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \quad \text{EQUAÇÃO 1}$$

Sendo:

G = Fluxo de calor no solo = 0,03 Rn (MJ m⁻²d⁻¹)

e_s = pressão de vapor de saturação = 0,611 10[(7,5T)/(237,3+T)]; (kPa)

e_a = pressão de vapor atual = (URmed e_s) 0,001; (kPa)

$$UR_{med} = (UR_{max} + UR_{min}) 0,5; (\%)$$

$$T_{med} = (T_{max} + T_{min}) 0,5; (^{\circ}C)$$

Onde:

ET_0 = evapotranspiração de referência ou potencial (mm dia⁻¹)

Δ = inclinação da curva de pressão de saturação vapor e a temperatura do ar (kPa °C⁻¹)

R_n = Saldo de radiação (MJm⁻²dia⁻¹)

G = Fluxo de calor no solo = 0,03 R_n (MJm⁻²dia⁻¹)

γ = constante psicrométrica = 0,063 (KPa°C⁻¹)

u_2 = velocidade do vento medida a 2 m (m s⁻¹)

Para o desenvolvimento das equações, utilizou-se um programa computacional e a linguagem de programação Fortran, gerando o balanço hídrico sequencial diário para os anos estudados numa série de 11 anos, entre 2005 e 2015, em bases diárias (totalizando 4015 dias). Depois de calculada a disponibilidade hídrica ou água disponível no solo média dos 11 anos, foi calculada uma média dessa determinação. Para a probabilidade de redução de umidade do solo, foi gerada uma equação, por análise de regressão, que representasse diariamente essa variável. Essa análise foi realizada para uma redução de 30% e de 50% da água disponível calculada pelo balanço hídrico diário.

A capacidade de água disponível, para este trabalho representada como CAD, de acordo com Sentelhas et al. (1999), expressa as características do solo, densidade, capacidade de campo e ponto de murcha e também pelo comprimento das raízes da cultura (equação 2). De acordo com os mesmos autores, é possível se adotar, de maneira geral para hortaliças, valores de CAD entre 25 mm e 50 mm, para culturas anuais, entre 75 mm e 100 mm, para culturas perenes entre 100 mm e 125 mm e para espécies florestais, entre 150 mm e 300 mm, para uma grande diversidade de tipos de solo.

$$CAD = 0,01 (CC - PM) D Z$$

$$\text{EQUAÇÃO 2}$$

Onde:

CC = capacidade de campo (%)

PM = ponto de murcha (%)

D = densidade do solo (g cm^{-3})

Z = profundidade de raízes da cultura em análise (mm)

Essa simplificação da capacidade de armazenamento de água no solo permite que, de acordo com o cálculo, se possa escolher qual a disponibilidade diária de água para avaliar as probabilidades médias de risco hídrico em que determinada cultura pode estar em cada um dos vários solos das bases físicas da Unidade de pesquisa. Essa metodologia também permite utilizar esses resultados para quaisquer combinações de solo e cultura em regiões próximas às estações da Embrapa Clima Temperado.

Também foi calculada a probabilidade armazenamento de água no solo disponível para as plantas (ARM) para duas situações: a) quando o solo se encontra com 70% do ARM, o que representa uma disponibilidade de água para plantas sensíveis ao déficit hídrico e que também é utilizado como indicativo de manejo de irrigação, determinando que se deveria irrigar a partir deste momento; e b) quando o solo se encontra com 50% de ARM, que representa um nível de umidade disponível para plantas menos sensíveis a falta de umidade. Esses valores são definidos por Doorembos e Pruitt (1977) como nível de umidade que não restringe evapotranspiração ou ótimo para o crescimento vegetal dos cultivos, ou fator "p" (Tabela 1) que é a água facilmente disponível no solo para os cultivos.

Tabela 1. Valores do fator “p”, que é a fração de água facilmente disponível no solo para os cultivos, ou o nível de umidade que não restringe evapotranspiração para um ótimo crescimento vegetativo dos cultivos.

Cultivo	Fator “p”	Cultivo	Fator “p”
Alface	0,3	Morango	0,15
Amendoim	0,4	Oliveira	0,65
Abacaxi	0,5	Pepino	0,5
Banana	0,35	Pimentão	0,25
Batata	0,25	Fruteiras - prunoides	0,5
Batata-doce	0,65	Fruteiras - pomáceas	0,5
Beterraba	0,5	Soja	0,5
Cana-de-açúcar	0,65	Sorgo	0,5
Cebola	0,25	Tabaco	0,35 - 0,65
Citrus	0,5	Tomate	0,4
Feijão	0,45	Trigo	0,55 – 0,9
Melão	0,35	Vinhedos	0,35
Milho	0,5		

Obs.: Para ETo menor ou igual a 3,0 mm dia⁻¹, reduzir o valor em 30%; para valores maiores ou iguais a 8 mm dia⁻¹, aumentar 30%.

Fonte: (DOORENBOS E PRUITT, 1977)

As determinações dos armazenamentos, das equações anuais e da probabilidade de ocorrência de secagem do solo, foram feitas para as cinco CAD de solos genéricos.

Para as determinações de temperatura, radiação, chuva e vento, foram elaborados gráficos de distribuição dos dados em forma de *boxplot*, onde são mostrados os valores da mediana, os valores do percentil superior (ocorrência de 75% dos dados) e o percentil inferior (ocorrência de 25% dos dados) de cada variável para o mesmo período. Também está localizado o valor máximo e mínimo de algumas variáveis, ocorrido durante todo o período avaliado (2005 a 2015).

16 Armazenamento de Água no Solo das Estações Experimentais da Embrapa Clima Temperado

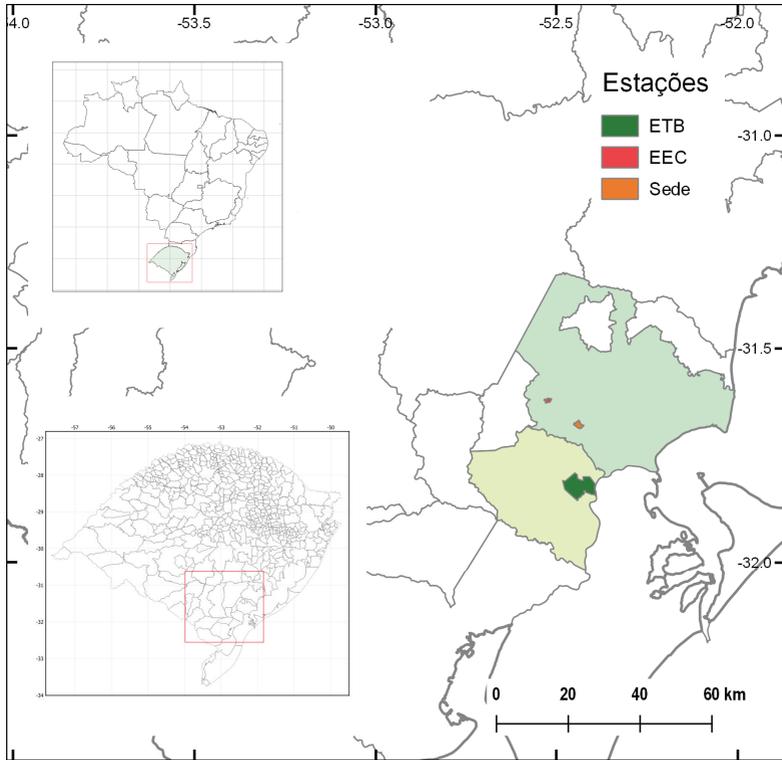


Figura 1. Mapa da localização das três bases físicas da Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão e Pelotas, RS.

Fotos: Paulo Lanzetta



Figura 2. Estações agrometeorológicas de cada uma das três bases físicas da Embrapa Clima Temperado. A) Estação da ETB; B) Estação da Sede; e C) Estação da Cascata.

Resultados

Água disponível no solo

Com a metodologia utilizada, pode-se observar que nas bases físicas da Embrapa Clima Temperado a disponibilidade de água no solo (Figuras 3 e de 5 a 9) segue a distribuição inversa da evapotranspiração (ETP) ao longo do ano (Figura 10), a qual determina que, nos meses de verão, ocorre a menor disponibilidade de água, quando a ETP é maior, e nos meses de inverno, a maior, quando a ETP é menor. A distribuição da chuva não influi na configuração da curva de disponibilidade, visto que a variação da média da chuva entre os meses é muito menor do que a as variações da média da ETP (Figuras 10 e 12).

A disponibilidade de água no solo de diferentes capacidades de armazenamento das bases físicas da Embrapa Clima Temperado apresenta uma variação ao longo do ano muito semelhante àquela apresentada na Figura 3 que dessa variável para base física da sede. Para solos de maior armazenamento (CAD 100), o período de menor armazenamento é, na média, entre a metade do mês de dezembro e o fim do mês de janeiro, quando o solo encontra-se com aproximadamente 60% de sua capacidade. Para solos de menor capacidade, o período é o mesmo, porém o armazenamento é reduzido para aproximadamente 40% do armazenamento em solos de CAD 20.

Durante os meses de fevereiro, março e abril, os de CAD 100 encontram-se com armazenamento entre 60% e 80% de sua capacidade, bem como no mês de novembro. Já os solos com menor capacidade, como os de CAD 20, ficam com armazenamento entre 40% e 60% de sua capacidade. De maio a outubro, os solos com CAD 100 ficam com capacidade de armazenamento de água acima de 80%, enquanto os de menor capacidade entre 60% e 80%.

Quando se compara a disponibilidade de água entre as três bases físicas, pode ser verificado, na Figura 4, que a Cascata apresenta, na média em alguns dias, disponibilidade de até 16 mm a mais do que o mesmo tipo de solo localizado na Sede (valores negativos no gráfico). Já a ETB pode possuir até 11 mm nessa mesma época, para solos com CAD 100. Já para os solos de menor CAD, os valores são menores e as diferenças não existem.

Também pode se observar na Figura 4 que a disponibilidade de água nos solos da Cascata permanece, na média, sempre com valores maiores do que da Sede, bem como da ETB, ao longo da maioria dos dias do ano. Para os solos com maior capacidade, as diferenças são mais pronunciadas e, para os de menor capacidade, a variação é menor, podendo em alguns dias apresentar maior disponibilidade de água nos solos da Sede (valores positivos no gráfico).

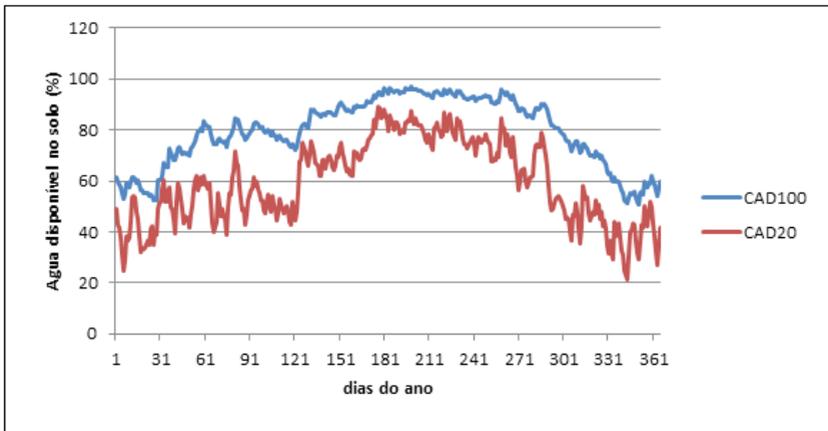


Figura 3. Média da porcentagem da capacidade de armazenamento diária de água no solo para solos de CAD 100 e CAD 20, calculados pelo método do balanço hídrico, localizados na base física dos campos experimentais da Sede da Embrapa Clima Temperado, 2016.

Também na Figura 4, pode-se notar que, ao longo do ano, os solos da Cascata apresentam maior disponibilidade de água do que os solos da ETB, sendo que os da Sede são os que apresentam a menor disponibilidade de água ao longo do ano, salvos pequenos períodos próximos aos meses de março e abril.

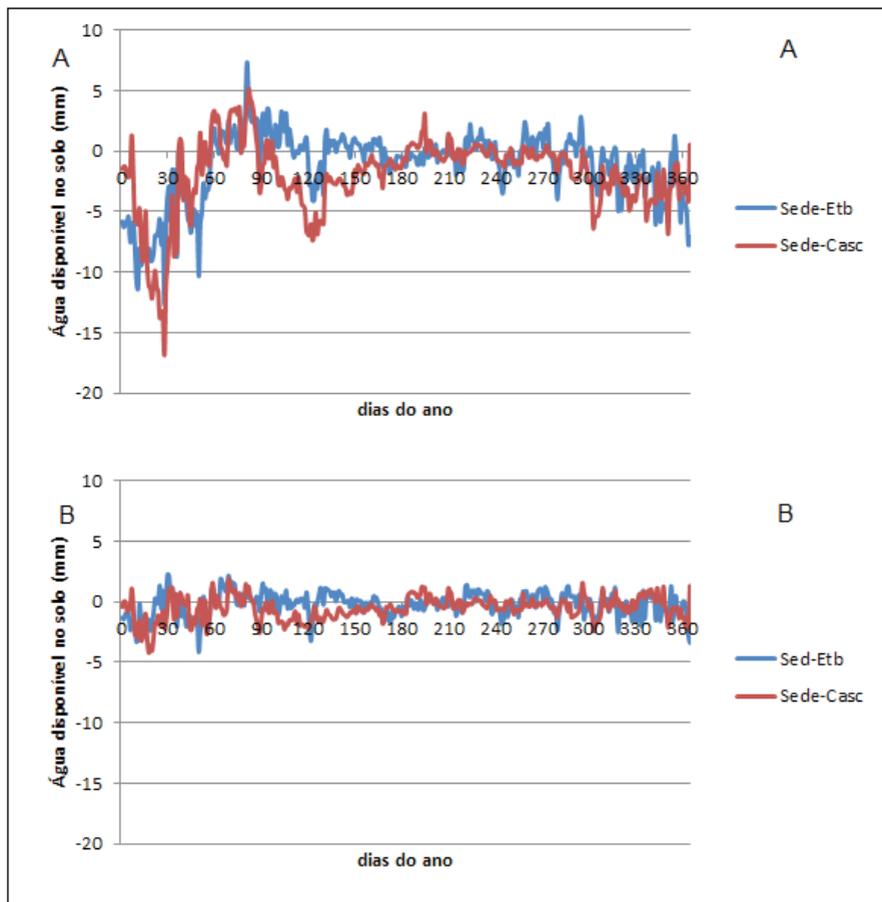


Figura 4. Diferença de Capacidade de água disponível no solo, entre a Sede e a ETB (Sede-ETB) e entre a Sede e a Cascata (Sede-Casc), ao longo do ano, em solos de (A) CAD 100 e (B) CAD 20.

Probabilidade de perda de umidade

Nas Figuras 5, 6, 7, 8, e 9, observa-se que, para solos com qualquer valor de CAD, as probabilidades de que reduza em 33 % da água disponível, ou haja necessidade de irrigação, de acordo com o manejo proposto na metodologia, é maior na Sede e praticamente não existe diferença entre as outras duas estações. Também se verifica que desde o mês de janeiro até o fim de abril, as diferenças de probabilidade entre as estações vão diminuindo até desaparecerem, e voltando a aparecer a partir do mês de novembro e aumentando até o fim do ano. Para solos com CAD de 100 mm (Figura 9), a probabilidade de irrigar é menor do que 10 % desde o início do mês de maio até a metade do mês de setembro. Já para solos com CAD de 20 mm, a probabilidade somente fica menor do que 40% durante os meses de maio a agosto (Figura 5).

À medida que a CAD dos solos vai diminuindo, a maior probabilidade de ocorrência da condição de redução de 50% de CAD, nas três estações, aumenta de 4% a 7% da CAD de 100 mm para a de 80 mm, de 6% a 8 % para a de 60 mm e em torno de % a 8 % cada redução de 20 mm de CAD (Figuras 5, 6, 7, 8, e 9). A diferença de probabilidade de ocorrência da condição de perda de 33% da CAD entre o solo com CAD de 100 mm de CAD para o de 20 mm é de 17% na sede, 23% na ETB e 25% na cascata, no dia de maior probabilidade de ocorrência (01 de janeiro) (Figuras 5 e 9).

A maior probabilidade de ocorrência de redução de 33% da CAD aumenta a cada redução de 20mm de seu valor, chegando a ser 93% na Sede, 92% na ETB e 88% na Cascata, para os primeiros dias de janeiro, quando ela é máxima, para os solos de menor CAD (Figuras 5, 6, 7, 8, e 9).

Para cultivos mais resistentes à restrição de umidade no solo, com fator “p” igual a 50% da CAD (Figuras 5, 6, 7, 8, e 9), observa-se que

a Sede permanece com a maior probabilidade de que essa condição ocorra do que as demais bases físicas. O motivo para isso deve-se à menor precipitação ocorrente nessa estação durante os últimos meses do ano (Figura 12). Na Figura 9, verifica-se que para solos de CAD 100 mm, a probabilidade de ocorrência de 'p' igual a 50% é abaixo de 45% ao longo de todo ano para todas as bases físicas. Já para CAD 80 mm e 60 mm (Figuras 7 e 8), somente a Sede apresenta probabilidade acima de 50% em janeiro e dezembro, porém abaixo de 60%. Para a menor CAD, que é de 20 mm, a probabilidade de atingir este nível é abaixo de 80% para a Cascata e ETB e 85% para a Sede no fim e início do ano (Figura 5). Durante quase a metade do ano, as probabilidades de que os solos de CAD 100 e CAD 80 possuam menos de 50% de sua CAD são abaixo de 10% (Figura 8 e 9) e para os solos de CAD 40 e CAD 60, abaixo de 30% (Figuras 6 e 7).

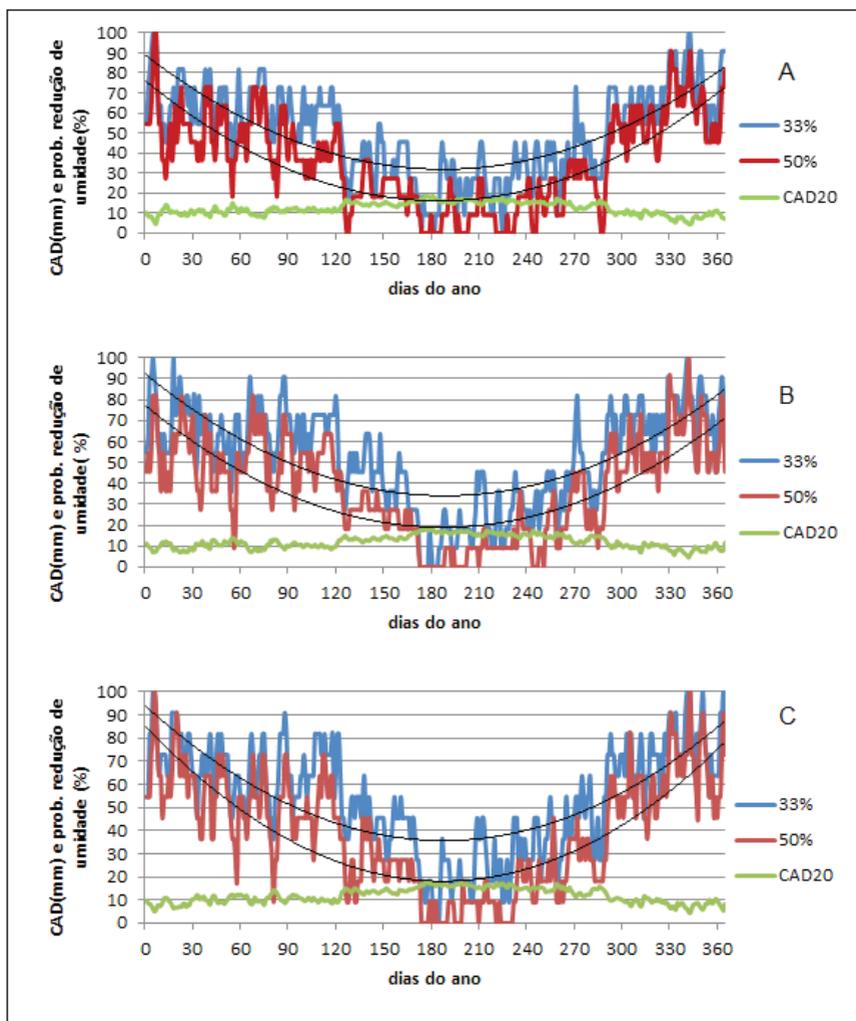


Figura 5. Média do armazenamento de água no solo (CAD 20) e probabilidade de ocorrência de redução de umidade de 33% e de 50% (fator 'p'), para solos com capacidade de armazenamento de água no solo de 20 mm, nos campos experimentais da Embrapa Clima Temperado: Estação Experimental Cascata (A), Estação Experimental Terras Baixas (B), e Sede (C); anos 2005 a 2015.

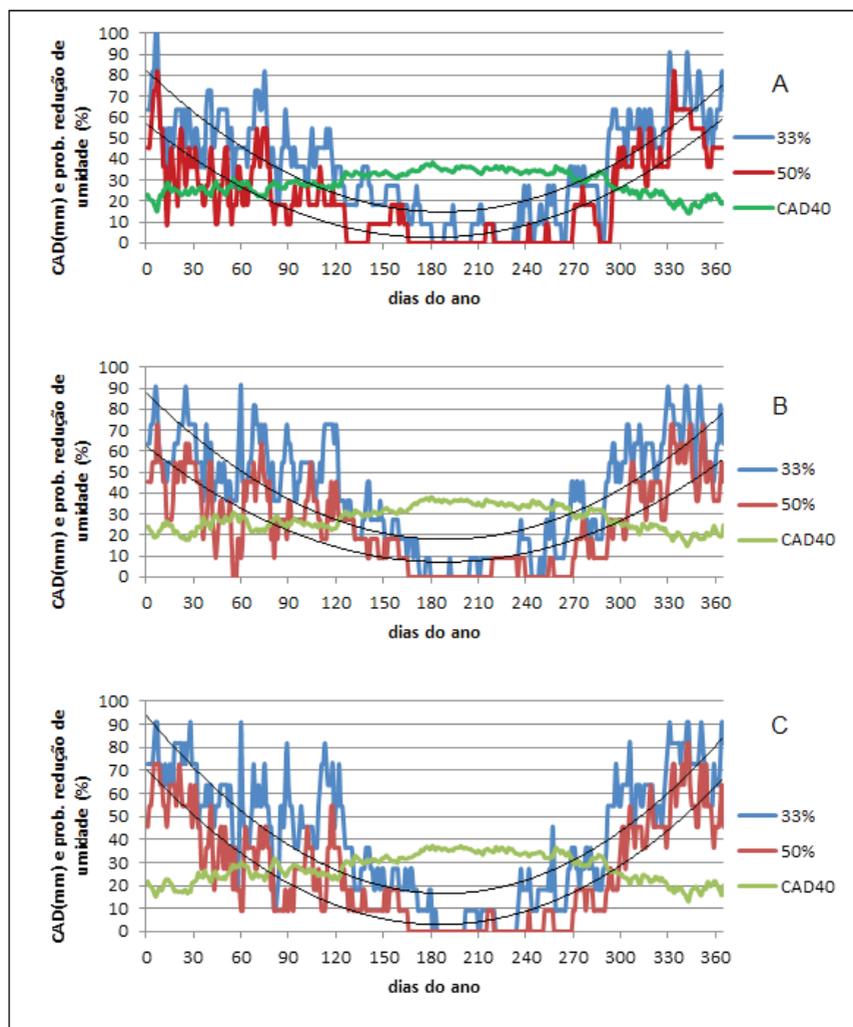


Figura 6. Média do armazenamento de água no solo (CAD 40) e probabilidade de ocorrência de redução de umidade de 33% e de 50% (fator 'p'), para solos com capacidade de armazenamento de água no solo de 40 mm, nos campos experimentais da Embrapa Clima Temperado: Estação Experimental Cascata (A), Estação Experimental Terras Baixas (B), e Sede (C); anos 2005 a 2015.

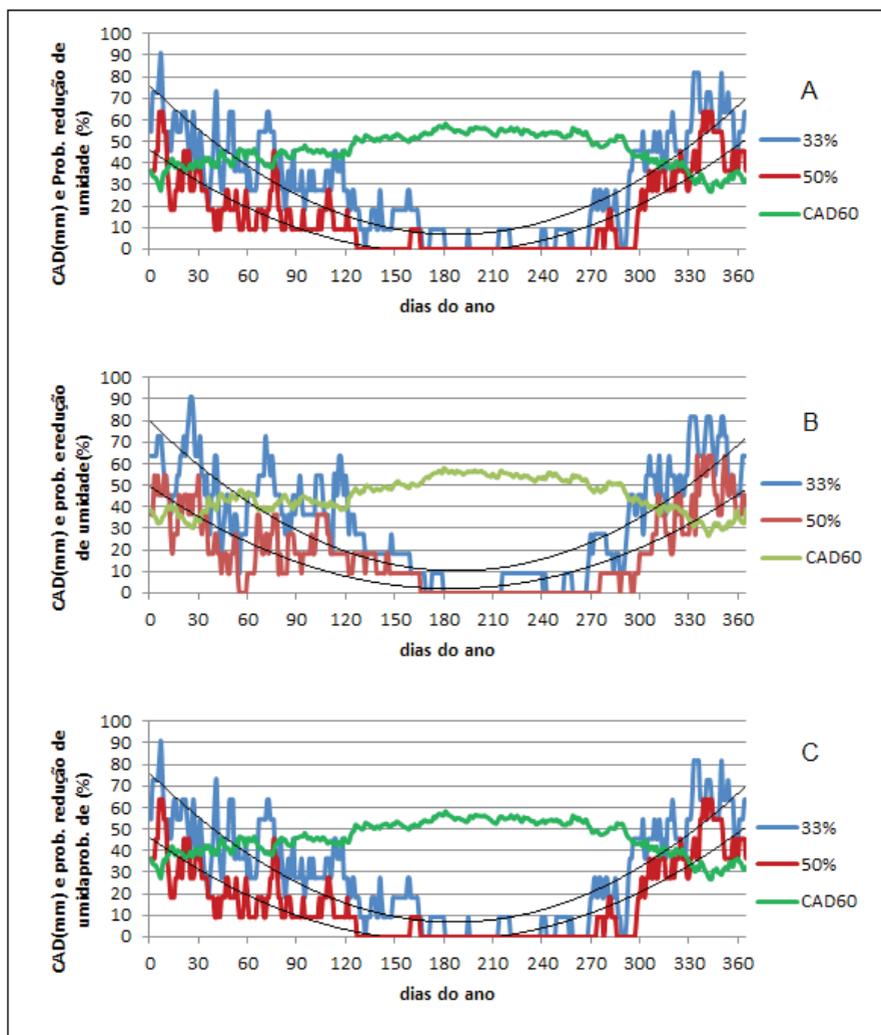


Figura 7. Média do armazenamento de água no solo (CAD 60) e probabilidade de ocorrência de redução de umidade de 33% e de 50% (fator 'p'), para solos com capacidade de armazenamento de água no solo de 60 mm, nos campos experimentais da Embrapa Clima Temperado: Estação Experimental Cascata (A), Estação Experimental Terras Baixas (B), e Sede (C); anos 2005 a 2015.

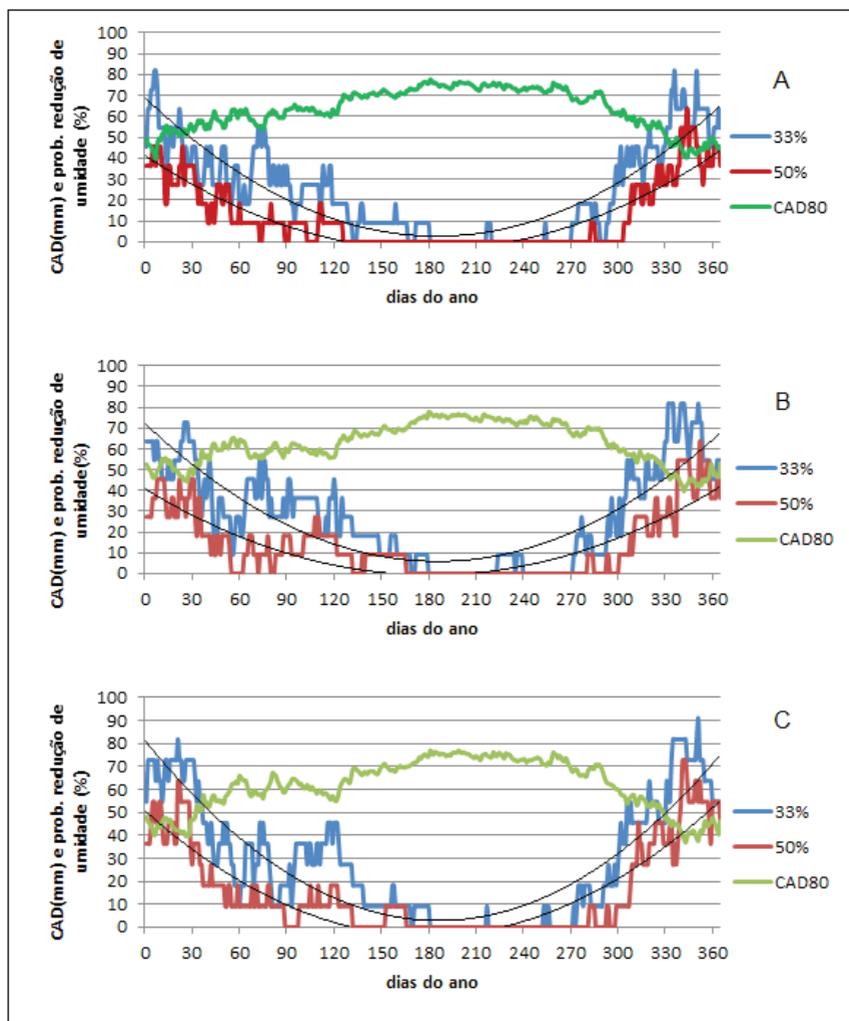


Figura 8. Média do armazenamento de água no solo (CAD 80), e probabilidade de ocorrência de redução de umidade de 33% e de 50% (fator 'p'), para solos com capacidade de armazenamento de água no solo de 80 mm, nos campos experimentais da Embrapa Clima Temperado: Estação Experimental Cascata (A), Estação Experimental Terras Baixas (B), e Sede (C); anos 2005 a 2015.

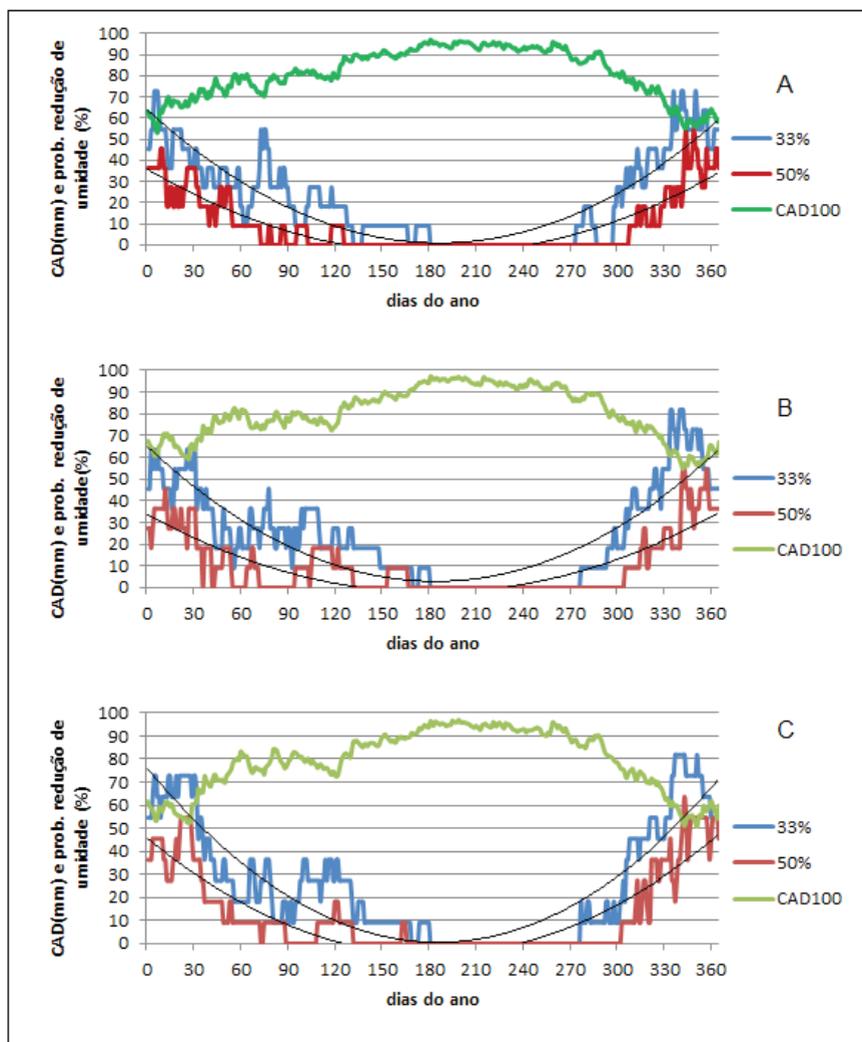


Figura 9. Média do armazenamento de água no solo (CAD 100), e probabilidade de ocorrência de redução de umidade de 33% e de 50% (fator 'p'), para solos com capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm, nos campos experimentais da Embrapa Clima Temperado: Estação Experimental Cascata (A), Estação Experimental Terras Baixas (B), e Sede (C); anos 2005 a 2015.

Elementos Meteorológicos

Médios

Evapotranspiração

A evapotranspiração (ETP) é menor na estação da Cascata em relação à Sede durante os meses de fevereiro a junho e maior de julho a dezembro. A ETP na Sede é maior do que na ETB durante os meses de março a novembro. Na ETB, a ETP é mais elevada do que na Sede somente nos meses de janeiro e fevereiro. Na Cascata, a ETP é menor do que na ETB somente entre os meses de janeiro e março (Figura 10). A variação da ETP é grande ao longo do ano, de próximo a 30 mm por mês no inverno a mais de 120 mm nos meses de verão. Essa variação se observa nas três estações devido à proximidade dos locais e à pequena variação de radiação solar entre elas, fator mais importante.

A radiação solar, uma das principais variáveis relacionadas à ETP, não é a determinante das diferenças entre as três estações, visto que a da ETB aparece sempre menor do que a da Sede ao longo de todo o ano e do que a Cascata durante os meses de abril a julho, três quartas partes do ano (Figura 11). Os outros elementos meteorológicos relacionados à ETP são vento, umidade relativa do ar e temperatura.

As outras variáveis componentes da determinação da ETP também são apresentadas nas Figuras 15, 16, 17, 18, 19, e 20. Nessas figuras, também são mostrados os valores da mediana e dos quartis superiores e inferiores, dos dados das variáveis, com os quais se pode analisar a distribuição dos dados.

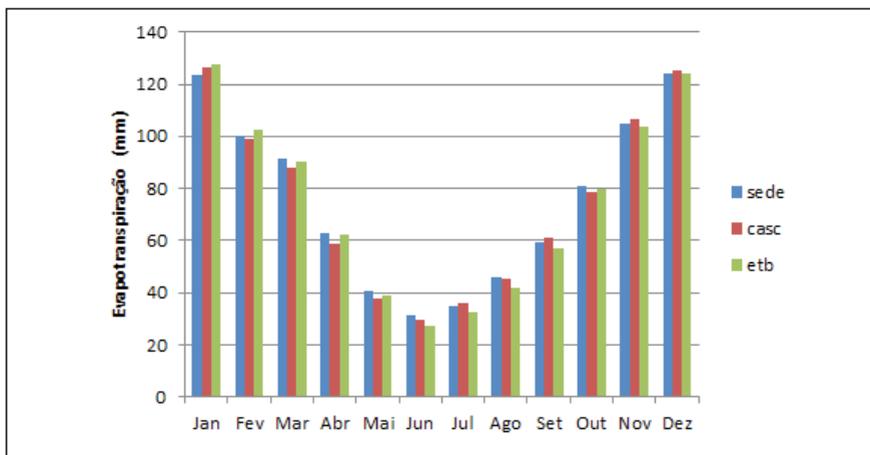


Figura 10. Médias mensais do total da evapotranspiração mensal de referência calculada pelo método de Penmann-Monteith ao longo do ano, das três bases físicas da Embrapa Clima Temperado, anos 2005-2015.

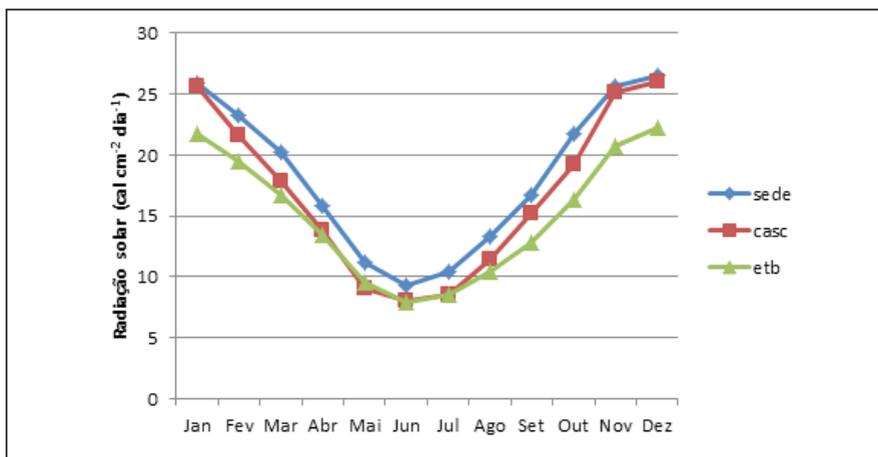


Figura 11. Médias mensais da radiação solar diária calculada, ao longo do ano, das três bases físicas da Embrapa Clima Temperado, anos 2005-2015.

Chuva

A distribuição da média mensal de chuva ao longo do ano, para o período estudado, é mostrada na Figura 12, e a média do total anual foi de 1.341 mm, 1.497 mm e 1.368 mm para as estações da Sede, da Cascata e da ETB, respectivamente. Pode-se observar que a estação da Cascata acumula maior volume de chuva na maioria dos meses do ano, o que é determinante para um melhor armazenamento de água e, conseqüentemente, menor velocidade de esgotamento da água do solo. Maior precipitação nos meses do fim do inverno e da primavera proporciona uma menor probabilidade de esgotamento da água do solo no início dos ciclos produtivos dos cultivos de verão, assim como uma maior probabilidade de que os solos se encontrem com elevados níveis de umidade nesse período.

Na Figura 12 pode-se observar também que o mês de abril é aquele em que chove menos nas três estações. O mês mais chuvoso é o de setembro, também para as três estações, mesmo o gráfico mostrando uma maior média para a estação da Cascata no mês de janeiro, isso devido a somente uma chuva de 733 mm (maior chuva registrada em toda a história das estações da Embrapa) que elevou a média para este mês (ALMEIDA et al., 2009). Na Figura 21, pode-se verificar a variabilidade mensal de chuvas de cada mês mostrada pelo tamanho da caixa existente acima e abaixo da mediana. Também pode ser verificada, através do deslocamento da mediana dentro da caixa, a variabilidade dos eventos de maior ou menor valor. A mediana desloca-se do centro da caixa em direção aos valores de dados de maior ocorrência.

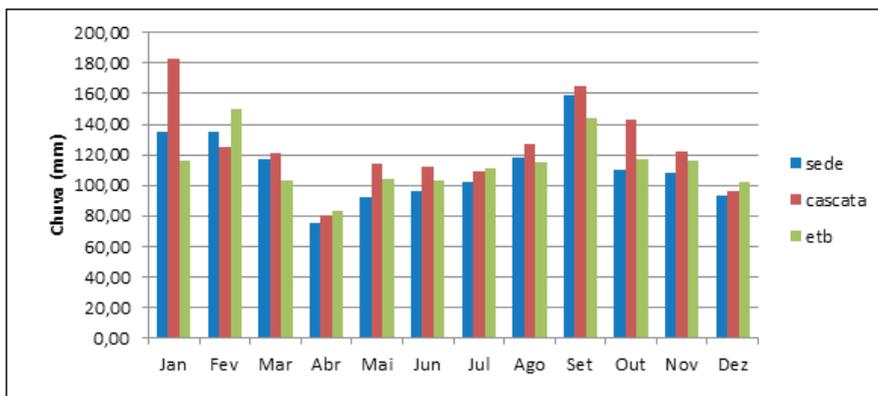


Figura 12. Médias do total da chuva mensal das três bases físicas agrometeorológicas da Embrapa Clima Temperado, anos 2005-2015.

Temperatura do ar

Médias

As temperaturas médias do ar ao longo do ano nas três estações de pesquisa apresentam um padrão próximo da relação teórica das temperaturas com a altitude do local. A EEC apresenta temperaturas médias mais baixas do que as das outras duas estações devido a sua altitude, e as outras duas, por serem localizadas em pontos de altitude mais baixas, apresentam temperaturas semelhantes, com pequena vantagem para a ETB (Figura 13). As diferenças de temperatura média do ar entre as estações são maiores nos meses mais quentes.

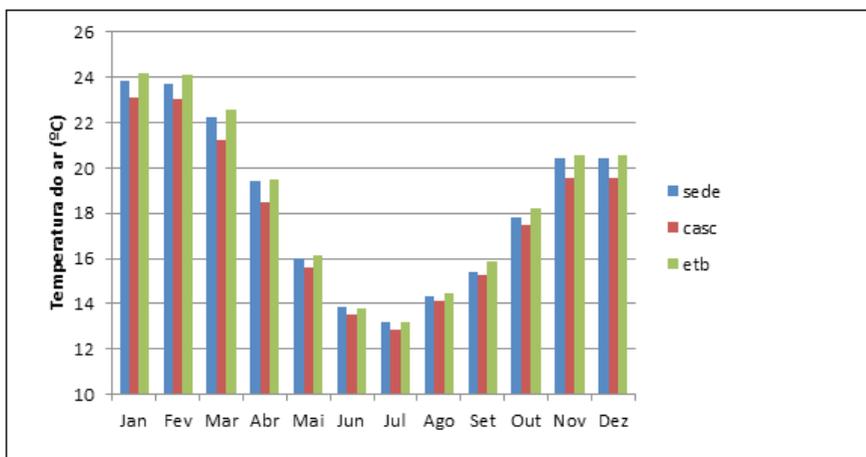


Figura 13. Médias mensais das temperaturas médias diárias do ar das três estações agrometeorológicas da Embrapa Clima Temperado, anos 2005-2015.

Mínimas

O padrão das médias de temperatura das mínimas ao longo do ano determina (Figura 14) que essas sejam mais baixas em todos os meses na estação de maior altitude, que é a EEC. Nas outras duas estações, devido à menor diferença de altitude entre elas, as temperaturas mínimas são semelhantes durante todos os meses do ano. Na Figura 16, também são mostrados os valores da mediana e dos quartis superiores e inferiores, com os quais se pode analisar a distribuição dos dados. As temperaturas mínimas são as que mais influenciam nas diferenças entre as temperaturas médias.

Máximas

Na Figura 14, se pode observar que as temperaturas médias mensais das máximas diárias ao longo do ano quase não se diferenciam entre si. A influência da altitude é menos pronunciada nessa variável. Como

a proximidade física é pequena, essa variável é praticamente igual com a estação da ETB apresentando uma pequena vantagem nos quatro primeiros meses do ano. Na Figura 15 também são mostrados os valores da mediana e dos quartis superiores e inferiores, com os quais se pode analisar a distribuição dos dados.

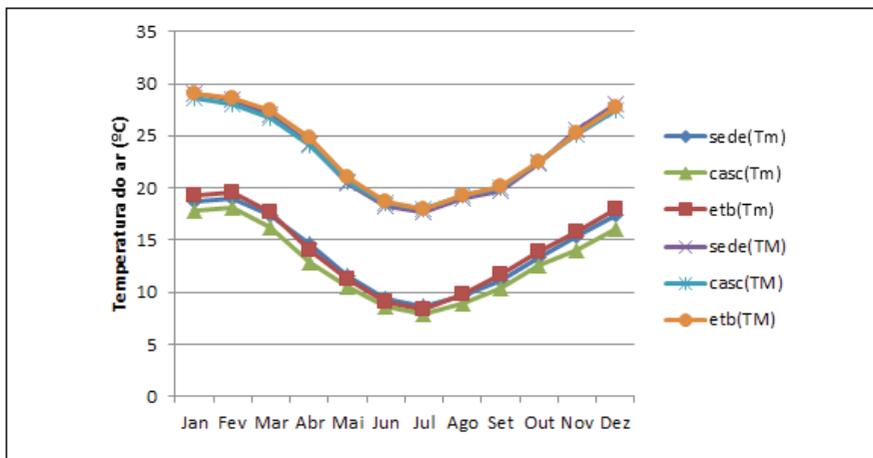


Figura 14. Média mensal das temperaturas máximas (TM) e mínimas (Tm) diárias do ar das três estações agrometeorológicas das bases físicas da Embrapa Clima Temperado, anos 2005-2015.

Dispersão

Temperatura do ar Máximas

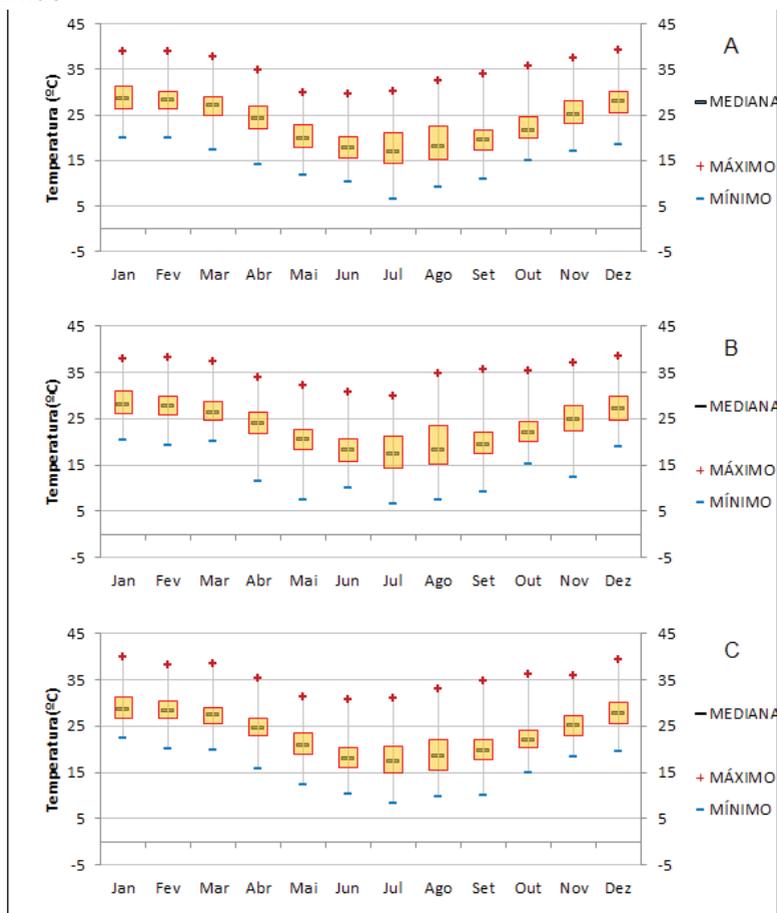


Figura 15. Mediana das temperaturas máximas do ar, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior, onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015; Pelotas, RS.

Mínimas

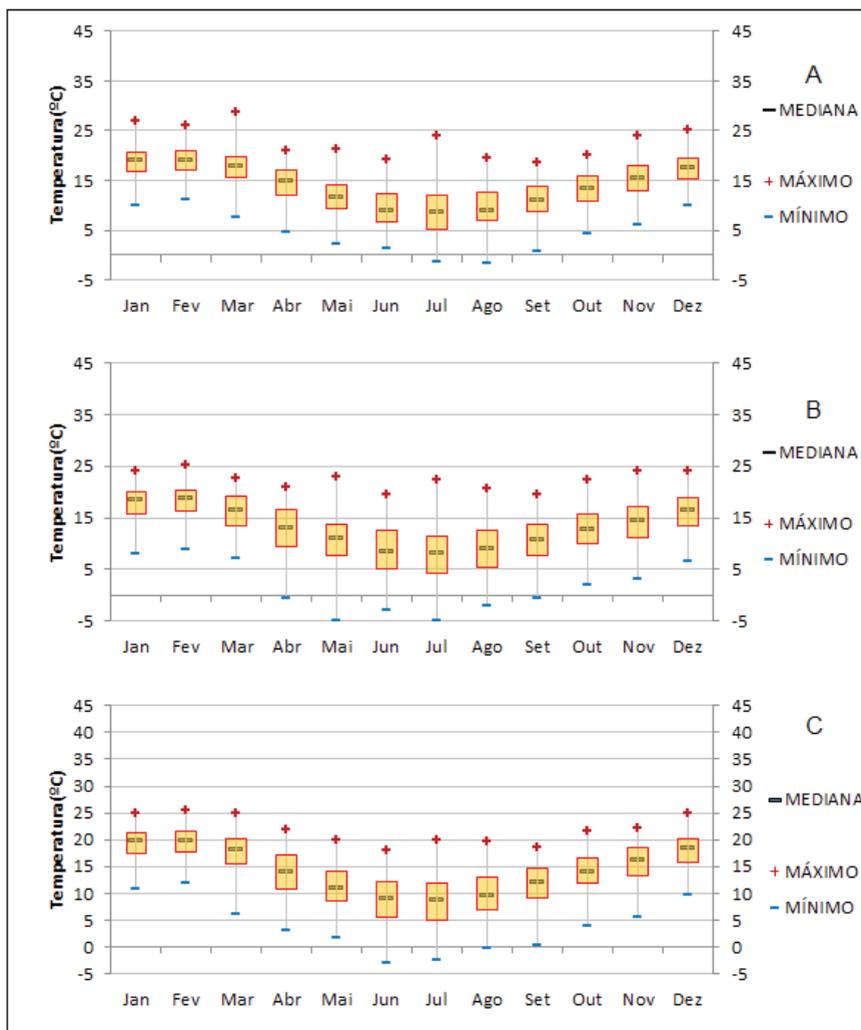


Figura 16. Mediana das temperaturas mínimas do ar, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior, onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015; Pelotas, RS.

Umidade relativa do ar

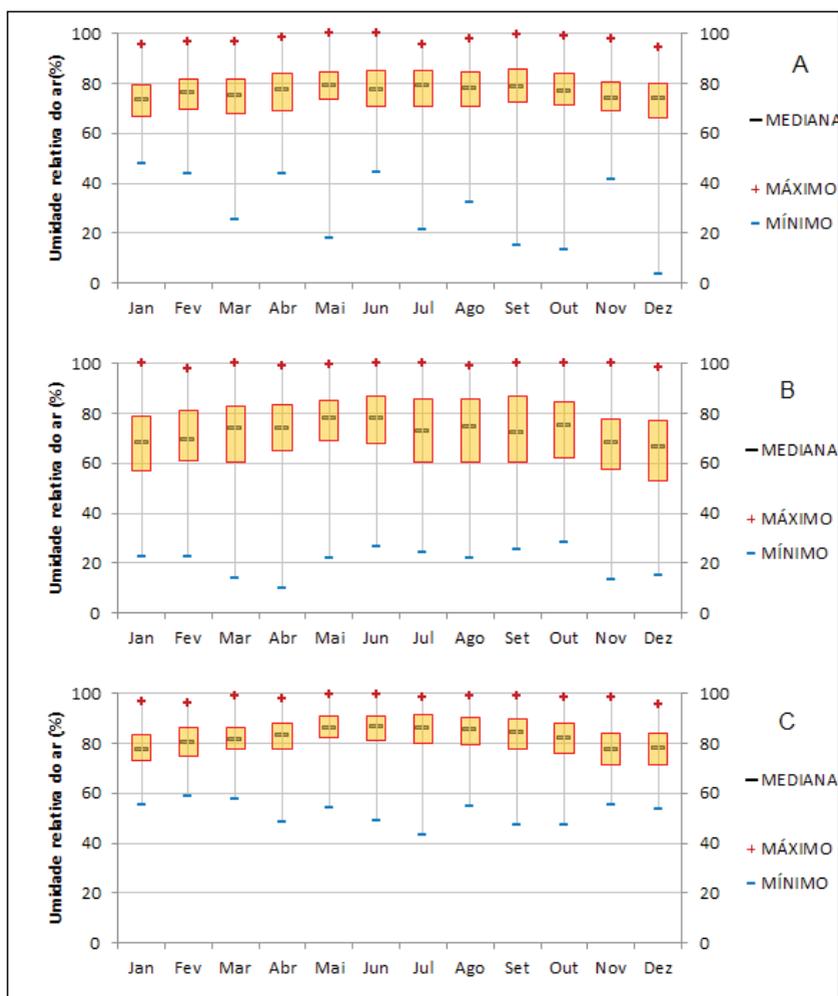


Figura 17. Mediana da Umidade relativa do ar, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015 Pelotas, RS.

Insolação

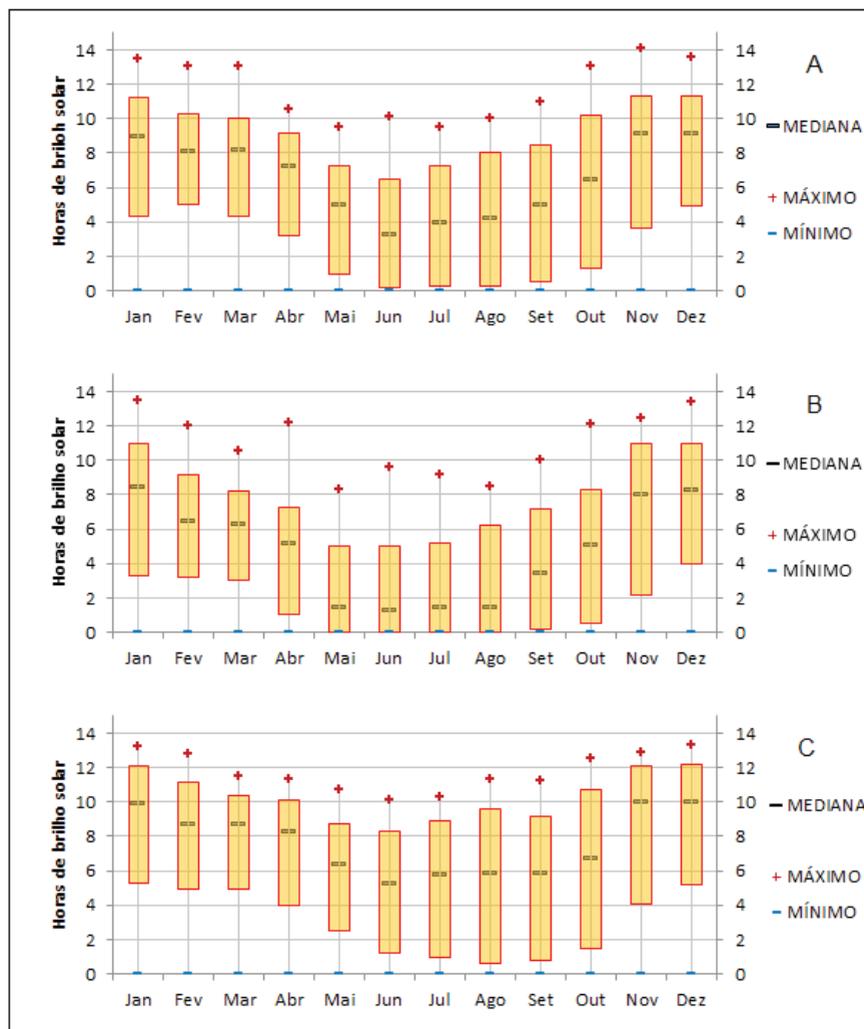


Figura 18. Mediana da insolação diária, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015; Pelotas, RS.

Radiação solar (calculada)

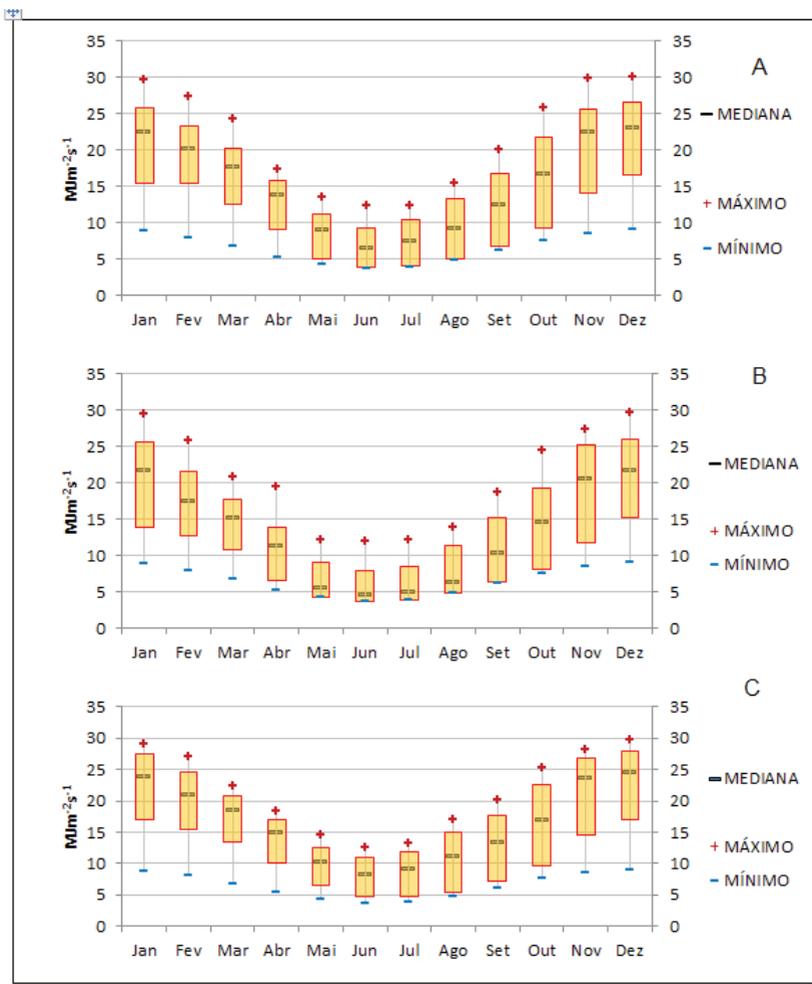


Figura 19. Mediana da radiação solar diária incidente, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015; Pelotas, RS.

Velocidade do vento

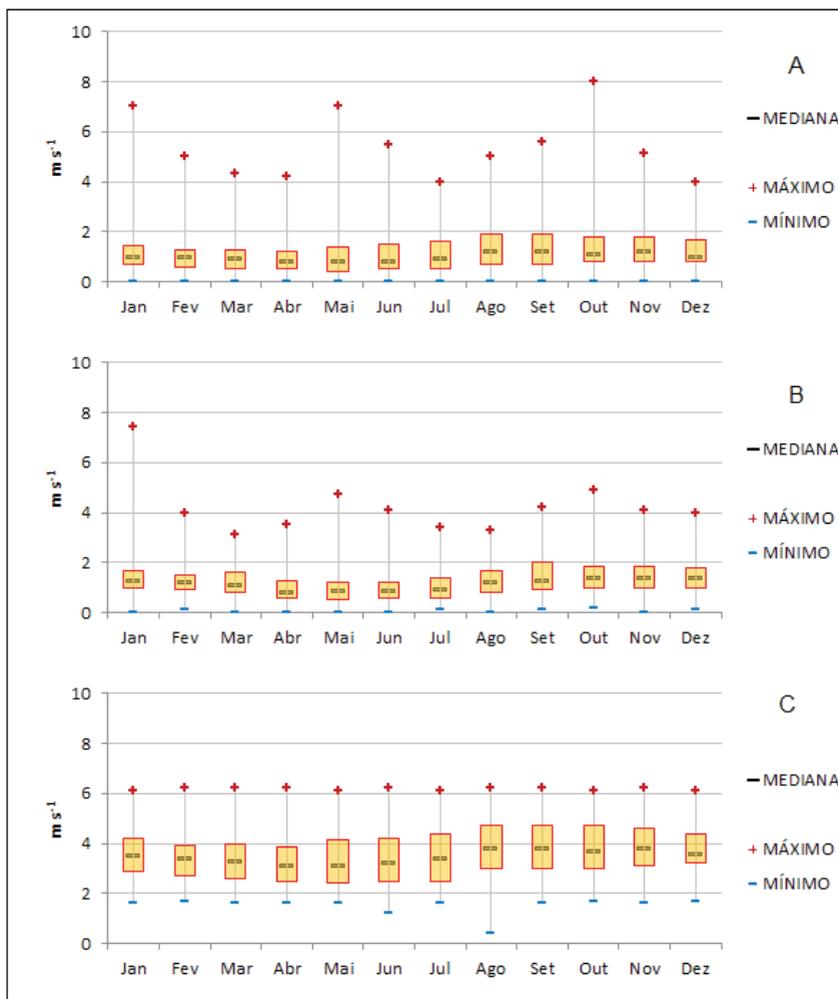


Figura 20. Mediana da velocidade do vento diária, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015; Pelotas, RS.

Chuva

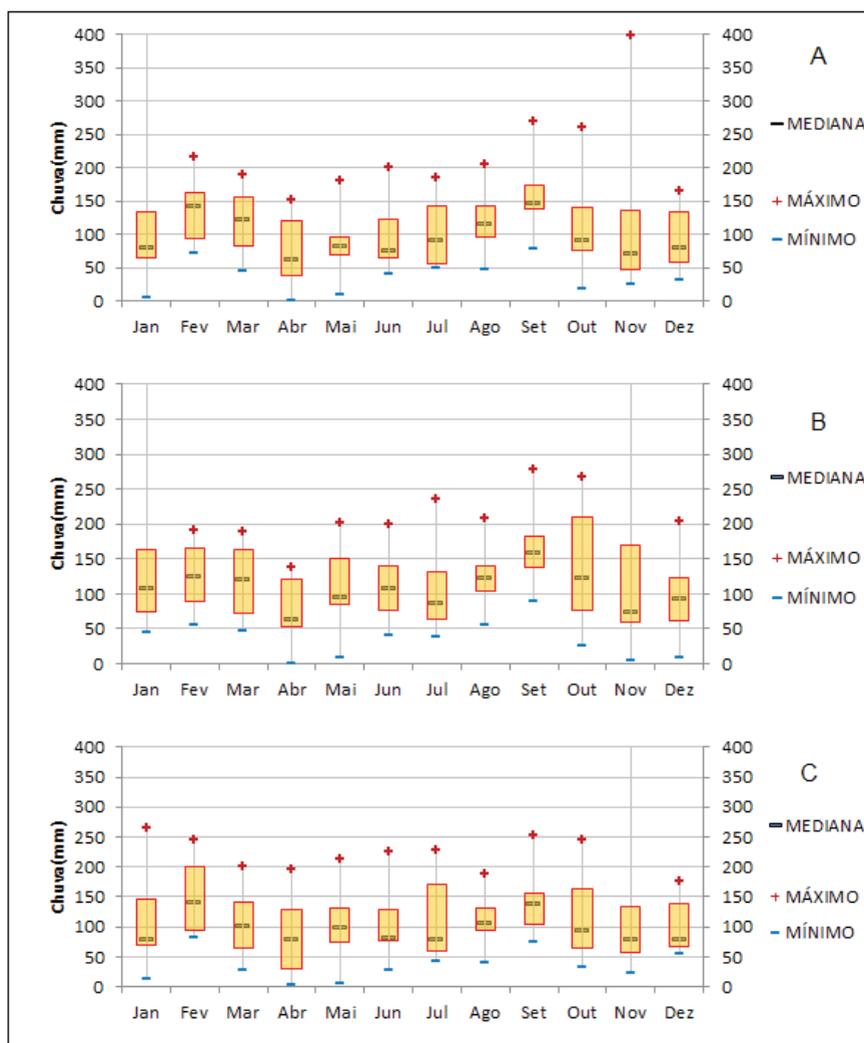


Figura 21. Mediana do volume total de chuva mensal, caixa de dados onde estão localizados o limite superior de 75% dos dados e o limite inferior onde estão localizados os 25% dos dados e ocorrência de valor máximo e mínimo de todo o período estudado para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado: A) Sede; B) EEC; C) ETB; 2005 a 2015; Pelotas, RS.

Considerações Finais

A disponibilidade de água nos solos da EEC é maior do que nos outros campos experimentais da Embrapa Clima Temperado, na maior parte do ano, principalmente nos meses de maior probabilidade de redução de umidade no solo. Essa disponibilidade é mais pronunciada em solos de maior capacidade de armazenamento.

Os campos experimentais da sede da Embrapa Clima Temperado apresentam uma maior probabilidade de redução de umidade do solo nos últimos meses do ano, principalmente pelo menor volume de precipitação.

Os campos experimentais da Estação Experimental da Cascata e da Estação de Terras Baixas apresentam uma condição semelhante quanto à probabilidade de redução de umidade ao longo do ano.

As diferenças de temperatura não são importantes devido à proximidade, porém pode-se notar que as mínimas absolutas são menores na EEC devido à sua maior altitude.

As diferenças entre as médias das temperaturas máximas mensais entre campos experimentais não são importantes, porém, com relação às mínimas mensais, observa-se que as ocorrentes na EEC são menores.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, I. R. de; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; FILIPPINI ALBA, J. M. Eventos chuvosos extremos: monitoramento de recorde pluviométrico no município de Pelotas-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Mudanças climáticas, recursos hídricos e energia para uma agricultura sustentável**. Belo Horizonte: SBA: UFV: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 1 CD-ROM.

DOOREMBOS, J.; PRUITT, W. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. (FAO. n. 24).

FORSDYKE, A. G. **Previsão do tempo e clima**. São Paulo: Melhoramentos: Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 160 p.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 125 p.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. Introdução. In: MONTEIRO, J. E. B. de A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET. 2009. p. 3-12.

STEINMETZ, S.; ASSIS, F. N.; SOARES, W. R. Estimativa da radiação solar global a partir da insolação na região de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 2, n. 1, p. 77-85, 1999.

Embrapa

Clima Temperado

CGPE 13778

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

