

## DESENVOLVIMENTO DE MODELO AGROCLIMÁTICO PARA O MUNICÍPIO DE CACHOEIRAS DE MACACU – RJ

**Luiz Felipe Rodrigues do Carmo**

[l.docarmo.meteoroufrj@gmail.com](mailto:l.docarmo.meteoroufrj@gmail.com)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Célia Maria Paiva**

[celia@lma.ufrj.br](mailto:celia@lma.ufrj.br)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Wallace Figueiredo Menezes**

[wallace.menezes@gmail.com](mailto:wallace.menezes@gmail.com)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Gabryele de Carvalho dos Santos**

[santosgabryelecarvalho@gmail.com](mailto:santosgabryelecarvalho@gmail.com)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

### RESUMO

A atividade agrícola, de modo geral, tem significativa importância para a economia brasileira. Para que se tenha um rendimento saudável dos grãos, faz-se necessário o entendimento da variabilidade e das mudanças climáticas da região de cultivo. A temperatura do ar e a precipitação são as principais variáveis responsáveis pelas modificações nesses padrões. Portanto, uma boa compreensão dos impactos provocados nas culturas por essas alterações pode ajudar na realização de uma atividade agrícola saudável e sustentável por parte dos agricultores. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é a elaboração de um calendário agrícola para os pequenos agricultores do Município de Cachoeiras de Macacu, no Rio de Janeiro, para auxiliá-los no planejamento e manejo de diferentes culturas no campo, bem como na ideal utilização dos recursos hídricos, segundo o calendário elaborado. Para tanto, as seguintes etapas foram executadas: cálculo do excedente e déficit hídrico e a aptidão agroclimática para o Município de Cachoeiras de Macacu, situado no estado do Rio de Janeiro; elaboração de um calendário agrícola sustentável para cultivo e plantio de culturas anuais e perenes produzidas na região e cálculo do risco agroclimático para as culturas, de modo a norteá-los em relação ao risco associado à disponibilidade hídrica. Os resultados preliminares mostraram que as culturas mais favoráveis do ponto de vista da aptidão foram o açaí, a cebola, a goiaba e o milho.

**Palavras-Chave:** Simulação Agroclimática; Risco Agroclimático; Cachoeiras de Macacu.

## INTRODUÇÃO

Há milhares de anos, desde as primeiras civilizações, a agricultura foi a principal atividade humana. A agricultura é um termo que representa a prática de cultivar nos campos, por meio de métodos e técnicas, para produção de vegetais. Essa atividade faz parte do setor primário, no qual a terra é cultivada e colhida para subsistência e comércio. Ao longo dos anos, houve diversas transformações significativas na agricultura, sendo as mais significativas nas tecnologias que relacionam planejamento, prevenção de pragas, insumos, produtividade e uso do solo. Junto com as aplicações dessas práticas, também cresceu o interesse pela exploração de áreas para cultivo.

O Brasil sempre dependeu majoritariamente da produção agrícola. Segundo o Instituto Brasileiro de Estatística (IBGE), o país localizado no continente americano é o 5º maior país do mundo, com cerca de 850 milhões de hectares e aproximadamente 65% do seu território composto por vegetação natural. Antes do século XXI, a evolução agrícola brasileira era comumente separada em três períodos distintos. São eles: período de expansão horizontal (1945 a 1970), caracterizado pela incorporação de terras agrícolas; período de modernização (1970 a 1980), caracterizado pelos subsídios e incentivos agrícolas, e o período de aumento da agricultura comercial (1990 a 2005), caracterizado pelo aumento da intervenção em mercados (MUELLER, 2005).

Em conformidade com as fases estudadas, a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) percebeu o aumento significativo da produção e da produtividade, bem como a estagnação em área explorada para o período entre 1976 e 2010.

De acordo com o IBGE, na última década, o crescimento da exportação agrícola brasileira foi de, aproximadamente, 9%, atuando na contramão da crise econômica mundial. Dessa forma, para que seja possível manter essa expansão e melhorar ainda mais o cultivo, é necessário que exista uma manutenção dos recursos naturais essenciais para as atividades agrícolas. Porquanto, é necessário proteger e sustentar o grande “motor” que mantém a “máquina” agrícola funcionando: o meio ambiente.

Por conseguinte, a saber, o risco agroclimático ajuda a nortear o período exato em que se deve aplicar o manejo de irrigação. Logo, no caso do excesso de água utilizada no manejo de irrigação, além de desperdiçar os recursos hídricos disponíveis, pode implicar em uma menor produção, uma vez que há um excesso de água aplicada. Isso faz com que o custo da venda seja elevado, prejudicando, portanto, a população com os altos custos de compra (lei da oferta e da procura). Nesse caso, nota-se que o princípio da sustentabilidade não está sendo realizado, ou seja, está havendo o uso

excessivo dos recursos ambientais disponíveis e prejuízos socioeconômicos ao próprio produtor e à população local.

Já na falta de água aplicada, a escassez também provoca danos para as culturas, criando a mesma consequência já referida. Embora, nesse caso, os recursos hídricos sejam utilizados em menor quantidade, ainda há prejuízo ao agricultor e à população local. Logo, indo mais a fundo, devido à desarmonia entre o meio ambiente e a parte socioeconômica, esse também não é o cenário ideal para o desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, o cenário favorável para a sustentabilidade é dado pelo crescimento socioeconômico aliado à preservação do meio ambiente. De modo mais claro, há um fator a mais neste contexto, que é a utilização da preservação ambiental em prol da economia financeira e/ou aumento de capital. Ou seja, preservar o meio ambiente é um grande negócio. Essa possibilidade se concretiza à medida que informações úteis são fornecidas ao produtor, que passa a produzir mais sem precisar lançar mão de práticas nocivas ao meio ambiente.

Dentro dessa linha, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). A FAO é uma agência especializada que lidera os esforços internacionais para derrotar a fome, de modo a alcançar a segurança alimentar para todos e garantir que as pessoas tenham acesso regular a alimentos de alta qualidade e suficientes para levar uma vida ativa e saudável.

Apesar do reconhecido esforço da FAO, o Brasil ainda tem uma grande dificuldade no auxílio aos pequenos agricultores – caracterizados como proprietários de uma área menor do que 50 hectares (Lei nº 11.428/2013) e são responsáveis por 80% da produção mundial de alimentos –, principalmente na disseminação de informação. Esse não é um desafio simples, uma vez que existem diversas dificuldades, como, por exemplo: a locomoção até esses locais, uma vez que muitas regiões agrícolas no Brasil se situam em locais de difícil acesso, com péssimas estradas e de escassas condições de obtenção de materiais; adaptação e disseminação da linguagem científica para os agricultores, de modo a tentar tornar essa informação útil e de fácil entendimento; conhecimento das dificuldades socioambientais da região e da população; e a pequena disponibilidade de dados meteorológicos e agrometeorológicos *in-situ* para calcular e minimizar os riscos climáticos dessa região.

Visando um melhor planejamento do manejo de diferentes culturas, com uso sustentável dos recursos hídricos, e tendo em vista a problemática encontrada pela FAO, este trabalho tem como objetivo a elaboração de um calendário agrícola para pequenos agricultores, de modo a quantificar e qualificar os riscos inerentes para cada cultura, preservar

e racionalizar o uso dos recursos naturais, minimizar os custos e manter a alta produtividade para suprir a demanda da população local.

## MATERIAL E MÉTODOS

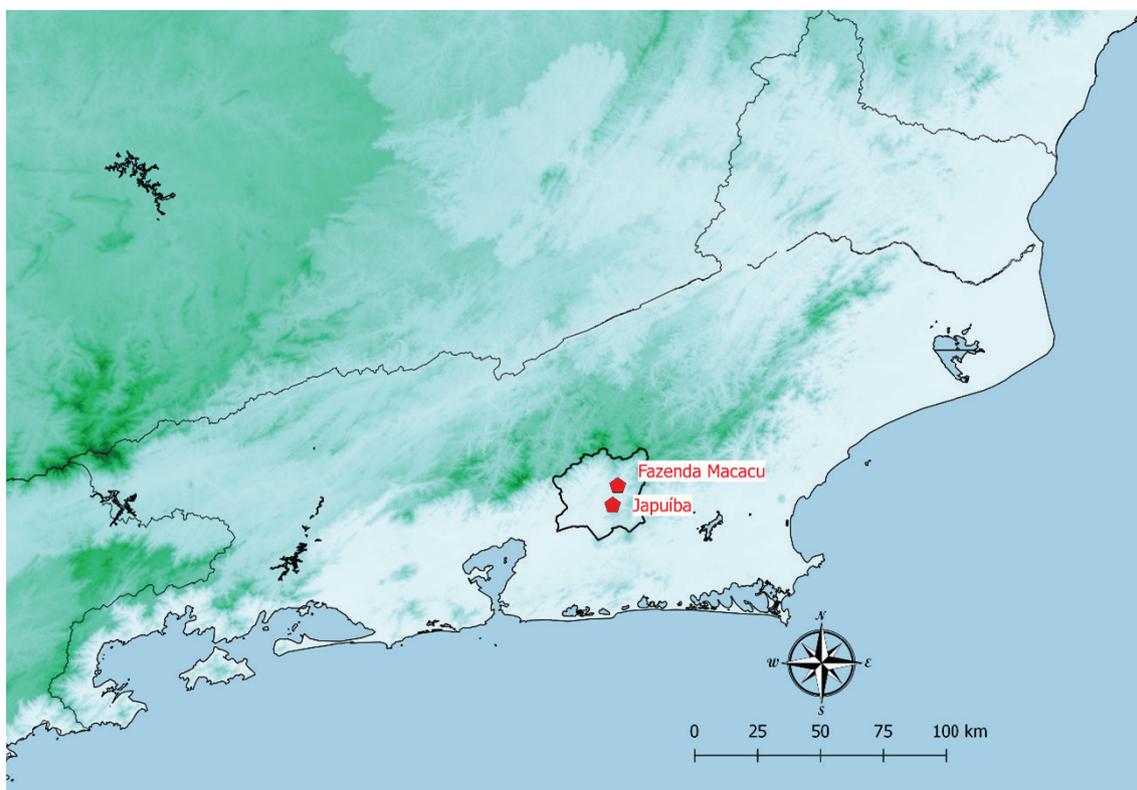
O Município de Cachoeiras de Macacu, selecionado para o presente estudo, é um município localizado na Região Metropolitana do estado Rio de Janeiro. Segundo o IBGE, no ano de 2017, sua população era de, aproximadamente, 57 mil habitantes, ocupando uma área de 954.749 quilômetros quadrados. Sua economia baseia-se na agricultura (aipim, batata doce, goiaba, milho, entre outros alimentos) e na pecuária bovina. Cachoeiras é uma cidade dividida, uma vez que a sua região sul tem características de baixada, e a uma pequena parte da região norte, de serra.

Apesar de seu tamanho e da sua importância agrícola, o Município de Cachoeiras de Macacu possui poucas estações meteorológicas, não havendo nenhuma disponível para

consulta, dificultando ainda mais os estudos de tempo e de clima. Dessa maneira, os estudos para a região são muito prejudicados.

Para este estudo, foram utilizados os dados de duas estações meteorológicas localizadas na parte de “baixada”. Portanto, foi utilizada a estação meteorológica de Fazenda Macacu, no período entre 2007 e 2017, e a estação pluviométrica de Japuíba do Sistema de Alerta de Cheias do Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) entre os anos de 2014 e 2017. Na **Figura 1** e **Tabela 1** encontram-se a localização dessas estações e a descrição mais detalhadas dos dados, respectivamente.

Conforme pode ser visto na **Tabela 1**, a partir de 2014, os dados de precipitação da estação de Japuíba, do INEA, foram utilizados nas simulações. Isso ocorreu porque os dados da estação Japuíba estão mais completos para esse período. Logo, como as duas estações estão muito próximas (aproximadamente 4 quilômetros de distância) e têm aproximadamente a mesma altitude, optou-se por utilizar a refe-



**Figura 1.** Localização das estações meteorológicas e pluviométricas utilizadas

**Tabela 1.** Estações e dados utilizados

ESTAÇÃO	DADOS	FINALIDADE	PERÍODO
Fazenda Macacu.	Precipitação, temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa e radiação.	Cálculo do BHC, aptidão agroclimática, calendário agrícola e risco agroclimático.	2007-2017.
Japuíba (INEA).	Precipitação.	Cálculo do BHC, aptidão agroclimática, calendário agrícola e risco agroclimático.	2014-2017.

rida estação, de modo a não perder a qualidade das médias calculadas.

Neste trabalho, foi realizada uma simulação agroclimática para as culturas dessa região. Nessa simulação, foram calculados o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), a aptidão agroclimática e o risco climático. A aptidão fornece informações sobre as épocas úmidas e secas da região em questão, indicando a necessidade ou não de irrigação ao longo do ano, para não haver uma excessiva utilização dos recursos hídricos. O calendário agrícola indicará quais culturas poderão ser exploradas e as datas de plantio mais favoráveis. Por sua vez, o risco climático alertará sobre a probabilidade de eventos de secas durante a estação úmida. Neste trabalho foi utilizada a porcentagem de 20% de risco máximo, de acordo com Assad *et al.* (2008).

Para o cálculo de BHC, utilizam-se os métodos adaptados de Thornthwaite & Matter (1955) e Camargo (1962). Dessa forma, assume-se que o solo se encontra na sua capacidade máxima de água disponível no período úmido, ou seja, ARM = CAD, e o negativo acumulado é igual a zero. Após essa consideração, são realizados os passos descritos a seguir.

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), foi utilizado o método de Hargreaves & Samani (1985), levando em consideração os dados disponíveis na estação meteorológica de Fazenda Macacu e a precipitação da estação de Japuiba. Para tal, utilizou-se a temperatura do ar média, mínima e máxima diária e a radiação global na superfície (equação 1) no lugar da radiação global no topo da atmosfera, tendo em vista que essa substituição apresenta melhores resultados para a região (COSTA, 2015).

$$ET_{oHarg\_Sam} = 0,0023R_g(T_{máx} - T_{mín})^{0,5}(\bar{T} + 17,8) \quad (1)$$

Em geral, primeiro é necessário calcular a diferença entre a precipitação e o ET<sub>o</sub>. Entretanto, neste trabalho, já será utilizada a ETc calculada, já estabelecendo as condições para cultura. Portanto, se essa diferença for negativa, significa que houve perda de água, e temos o chamado negativo acumulado (NEGACUM), mostrado pela equação (2). A partir do primeiro negativo acumulado, calcula-se o ARM pela equação (3). Entretanto, vale ressaltar que, enquanto Prec-ETc for maior do que zero (antes de aparecer o primeiro valor negativo), o NEGACUM e o ARM vão ser dados pelas equações (4) e (5), respectivamente, uma vez que se considera o início do BHC no período úmido.

$$NEG_{ACUM(t)} = Prec - ET_{c(t)}, \text{ em que } Prec - ET_{c(t)} < 0 \quad (2)$$

$$ARM_{(t)} = CAD e^{\left[\frac{NEG_{ACUM(t)}}{CAD}\right]} \quad (3)$$

$$\text{Em que } ARM_{(t)} = CAD, \text{ enquanto } Prec - ET_{c} > 0 \quad (4)$$

$$NEG_{ACUM(t)} = 0 \quad (5)$$

Se, no segundo mês, o valor de Prec-ETc continuar sendo negativo, utilizam-se as equações (6) e (7) para as estimativas de negativo acumulado e armazenamento de água no volume, respectivamente.

$$NEG_{ACUM(t+1)} = NEG_{ACUM(t)} + Prec - ET_{c(t+1)}, \text{ em que } Prec - ET_{c(t+1)} < 0 \quad (6)$$

$$ARM_{(t+1)} = CAD e^{\left[\frac{NEG_{ACUM(t+1)}}{CAD}\right]} \quad (7)$$

Entretanto, caso o segundo mês seja positivo, utiliza-se a equação (8). Vale ressaltar que, se ARM for maior do que CAD, o valor utilizado é o valor de CAD. Dessa maneira, o valor de ARM não pode ser maior do que CAD. Portanto, após encontrar o valor de ARM para o caso positivo, calcula-se o negativo acumulado pela equação (9).

$$ARM_{(t+1)} = Prec - ET_{c(t+1)} + ARM_t, \text{ em que } Prec - ET_{c} > 0; ARM_{(t+1)} \leq CAD \quad (8)$$

$$NEG_{ACUM(t+1)} = CAD \ln \left[\frac{ARM_{(t+1)}}{CAD}\right] \quad (9)$$

Após realização desses cálculos de evapotranspiração da cultura, armazenamento de água no volume e negativos acumulados, calculam-se a alteração do armazenamento (ALT), a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC). A alteração do armazenamento é dada pela diferença entre o armazenamento atual e o armazenamento do mês anterior – equação (10)

$$ALT_{t+1} = ARM_{t+1} - ARM_t \quad (10)$$

Já a evapotranspiração real pode ser calculada de duas formas distintas, dadas pelas equações (11) e (12). A partir desses resultados, pode ser encontrado o déficit hídrico a partir da equação (13).

$$\text{Quando } Prec - ET_{c} \geq 0 \rightarrow ET_r = ET_{c} \quad (11)$$

$$\text{Quando } ALT \leq 0 \rightarrow ET_r = Prec + |ALT| \quad (12)$$

$$DEF = ET_{c} - ET_r \quad (13)$$

Por fim, o excedente hídrico é a quantidade restante de água durante o período de chuvas. No final do mês, considera-se que esse excedente foi perdido pela drenagem profunda ou pelo “runoff”. Dessa forma, esse cálculo pode ser

realizado de duas formas distintas, dadas pelas equações (14) e (15).

$$\text{Quando } ARM < CAD \rightarrow EXC = 0 \quad (14)$$

$$\text{Quando } ARM = CAD \rightarrow EXC = Prec - ETc - ALT \quad (15)$$

A ETc foi calculada conforme a equação ( $ETc = Kc \cdot ET_o$ ), sendo o  $Kc = Kc_{m\acute{a}x}$  para minimizar qualquer risco de estresse hídrico.

Para a aptidão agroclimática, foram utilizados os dados médios mensais de temperatura do ar, da deficiência hídrica e das temperaturas basais ótimas das culturas. No contexto térmico e hídrico, é necessário entender as aptidões possíveis. Dessa maneira, para este trabalho, os seguintes critérios de aptidão foram utilizados:

**Aptidão Térmica:** quando a temperatura média climatológica do mês está entre o valor das temperaturas basais mínimas e máximas das culturas;

**Inaptidão Térmica:** quando a temperatura média climatológica do mês é menor do que os valores das temperaturas basais mínimas da cultura ou maior que os valores da temperatura basal máxima das culturas;

**Aptidão Hídrica:** ocorre quando não há déficit hídrico, ou seja, a precipitação deverá ser igual ou maior do que a evapotranspiração da cultura e a alteração do armazenamento deverá ser maior do que zero;

**Inaptidão Hídrica:** ocorre quando há deficiência hídrica, ou seja, a precipitação deverá ser menor do que a evapotranspiração da cultura e a alteração do armazenamento deverá ser menor do que zero. Nas equações (16), (17), (18) e (19), é apresentado um breve resumo dos métodos utilizados.

**Aptidão Térmica:**

$$\text{Se } T_{b_{\min}} \leq \bar{T} \leq T_{b_{\max}} \rightarrow APT_{TERM} = \text{"APTO"} \text{ ou "FAVORÁVEL"} \quad (16)$$

$$\text{Se } \bar{T} \leq T_{b_{\min}} \text{ ou } \bar{T} \geq T_{b_{\max}} \rightarrow APT_{TERM} = \text{"INAPTO"} \text{ ou "DESFAVORÁVEL"} \quad (17)$$

**Aptidão Hídrica:**

$$\text{Se } DEF = 0; Prec \geq ETc \text{ e } ALT \rightarrow APT_{HID} = \text{"APTO"} \text{ ou "FAVORÁVEL"} \quad (18)$$

$$\text{Se } DEF \neq 0; Prec \leq ETc \rightarrow APT_{HID} = \text{"INAPTO"} \text{ ou "DESFAVORÁVEL"} \quad (19)$$

Dessa forma, com essas considerações realizadas, na **Tabela 2** estão descritas as possíveis aptidões agroclimáticas extraídas por meio das aptidões térmica e hídrica. Nota-se

que quando há inaptidão hídrica associada à aptidão térmica, existe a chamada "restrição agroclimática", ou seja, nesse caso, para a manutenção da cultura, deve-se utilizar irrigação na propriedade. Já a inaptidão agroclimática ocorre quando há inaptidão térmica, uma vez que se assume que não há como minimizar estes efeitos.

**Tabela 2.** Classes de aptidões agroclimáticas

Aptidão térmica	Aptidão hídrica	Aptidão agroclimática
APTO	APTO	APTO
INAPTO	APTO	INAPTO
APTO	INAPTO	RESTRITO
INAPTO	INAPTO	INAPTO

Para o cálculo da aptidão agroclimática, as culturas utilizadas foram: abóbora, açaí, alface, batata doce, berinjela, cebola, cenoura, cupuaçu, goiaba (em sua taxa normal e para exploração comercial), jiló, milho, pimentão, quiabo e tomate. Na **Tabela 3**, seguem as temperaturas basais ótimas mínimas e máximas de cada cultura utilizada e os coeficientes de cultura utilizadas, bem como suas referências, para as simulações. Já na **Tabela 4**, encontram-se os ciclos utilizadas para o calendário agrícola (com referências nas mesmas bibliografias citadas).

O risco climático foi definido por meio do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) da cultura, calculado como a razão entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração real (ETr). Para as culturas consideradas neste trabalho, o ISNA deve ser maior ou igual a 0,55, em 80% dos anos da base de dados climatológica, para que não haja risco climático, ou seja, o risco tolerado para ocorrência de seca é de 20%. O valor de 0,55 é um valor limite para culturas de pequeno porte (ASSAD *et al.* 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 2**, encontram-se as normais climatológicas de temperatura e precipitação para o Município de Cachoeiras de Macacu (2007-2017). Embora a Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomende a utilização de 30 anos de dados, no caso de Cachoeiras de Macacu, devido à indisponibilidade de dados anteriores ao ano de 2007, utilizou-se o intervalo de 2007 a 2017 para os cálculos.

Na climatologia de Cachoeiras de Macacu, percebe-se que o maior valor de temperatura se dá no mês de fevereiro (26,8 °C no verão) e o menor valor de temperatura ocorre no mês de julho (19,6 °C no inverno). Já o maior valor de precipitação ocorre no mês de janeiro (173 mm) e o menor valor, no mês de agosto (24 mm). A temperatura média anual é igual a 22,9 °C.

**Tabela 3.** Temperaturas basais mínimas e máximas das culturas e coeficiente de cultura

Cultura	Temperatura basal mínima (°C)	Temperatura basal máxima (°C)	Coeficiente de cultura ( $Kc_{máx}$ )	Referências
Abóbora	20	27	1,4	Lunardi <i>et al.</i> 1999 e Makishima, 2004
Açaí	18	30	1*	Nogueira <i>et al.</i> 1995
Alface	12	22	1,4	Nunes <i>et al.</i> 2009 e Makishima, 2004.
Batata Doce	16	25	1	Miranda <i>et al.</i> 1995 e Makishima, 2004.
Berinjela	18	25	1,2	Loose <i>et al.</i> 2014 e Makishima, 2004
Cebola	12	30	1	Costa <i>et al.</i> 2002, Oliveira <i>et al.</i> 2013 e Makishima, 2004.
Cenoura	8	25	1,1	Marouelli <i>et al.</i> 2007; Souza <i>et al.</i> 1999 e Makishima, 2004.
Cupuaçu	21	28	1*	De Souza <i>et al.</i> 2008
Goiaba	12	46	0,9	Teixeira <i>et al.</i> 2003 e Da Silva <i>et al.</i> 2010
Goiaba Comercial	25	28	0,9	Teixeira <i>et al.</i> 2003 e Da Silva <i>et al.</i> 2010
Jiló	18	25	1*	Pinheiro <i>et al.</i> 2015 e Makishima, 2004.
Milho	19	32	1,3	Da Silva <i>et al.</i> 2006; Tsunehiro <i>et al.</i> 2008 e Makishima, 2004.
Pimentão	18	25	0,7	Albuquerque <i>et al.</i> 2012 e Makishima, 2004.
Quiabo	22	25	1*	Makishima, 2004.
Tomate	18	25	1,1	Santana <i>et al.</i> 2011; Dusi <i>et al.</i> 1993 e Makishima, 2004.

\*Como não há medidas, os valores padrões são utilizados ( $Kc=1$ )

Após estabelecida a climatologia, na **Tabela 5**, seguem os resultados das simulações agroclimáticas realizadas para o Município de Cachoeiras de Macacu. Nesta, encontra-se a aptidão agroclimática para as culturas mencionadas na metodologia. Tendo em vista que as culturas do milho e goiaba estão entre as mais cultivadas nos distritos de Papucaia e Agrobrasil, nas **Figuras 3 e 4**, encontram-se o déficit e excedente hídrico para as culturas da goiaba e do milho, respectivamente.

A condição hídrica não foi um fator limitante da aptidão agroclimática para nenhuma das culturas consideradas. As limitações se deram devido à condição térmica, podendo a temperatura média dos meses desfavoráveis ao cultivo estar acima ou abaixo da faixa da temperatura basal ótima das culturas consideradas neste estudo. Dessa forma, as condições térmicas foram desfavoráveis devido à deficiência de temperatura para as culturas da abóbora, cupuaçu e goiaba-comercial, ou seja, em alguns meses, a temperatura média do ar foi inferior à temperatura basal mínima para essas culturas. Por outro lado, para as culturas da alface, batata-doce, berinjela, cenoura, jiló, pimentão e tomate, o problema foi o excesso de temperatura, ou seja, a temperatura média de alguns meses foi superior à temperatura basal máxima para essas culturas. No caso da cultura do quiabo, ocorreram os dois tipos de limitação térmica: por deficiência e excesso de temperatura. Já para as culturas do açaí, cebola, goiaba e milho, não houve limitação térmica em nenhum dos meses do ano.

De modo mais completo, na **Tabela 6** é apresentado o calendário agrícola sustentável para o Município de Cachoeiras de Macacu. Para tal, as culturas utilizadas foram as mesmas da aptidão agroclimática. Entretanto, para o desenvolvimento do calendário agrícola, os ciclos das culturas foram considerados.

Analisando a **Tabela 6**, percebe-se que entre as culturas anuais, as da cebola e do milho podem ser cultivadas o ano todo. Portanto, são as culturas mais recomendadas à exploração na região. Em seguida, a mais recomendada é da abóbora, que só não pode ser cultivada em dois meses durante o inverno, ou seja, seu plantio pode ocorrer de agosto a maio. As culturas da batata doce, berinjela, cenoura, jiló, pimentão e tomate podem ser cultivadas do outono a meados da primavera, entre os meses de abril e outubro. A alface, entre o final do outono e fim do inverno, nos meses de maio a agosto. Já o quiabo, somente em um mês durante a primavera, em outubro.

Dentre as culturas perenes estudadas (açaí, cupuaçu e goiaba), percebe-se que apenas o açaí e goiaba são favoráveis ao plantio na região. Por serem perenes, elas necessitam ser favoráveis em todos os meses do ano e, devido ao fato de o cupuaçu ter meses desfavoráveis, ele não é considerado apto ao cultivo nessa região.

As possibilidades de colheitas, em função da duração do ciclo fenológico e da quantidade de meses favoráveis para o cultivo, em um ano são de até: 6 para o milho (2/12); 5 para

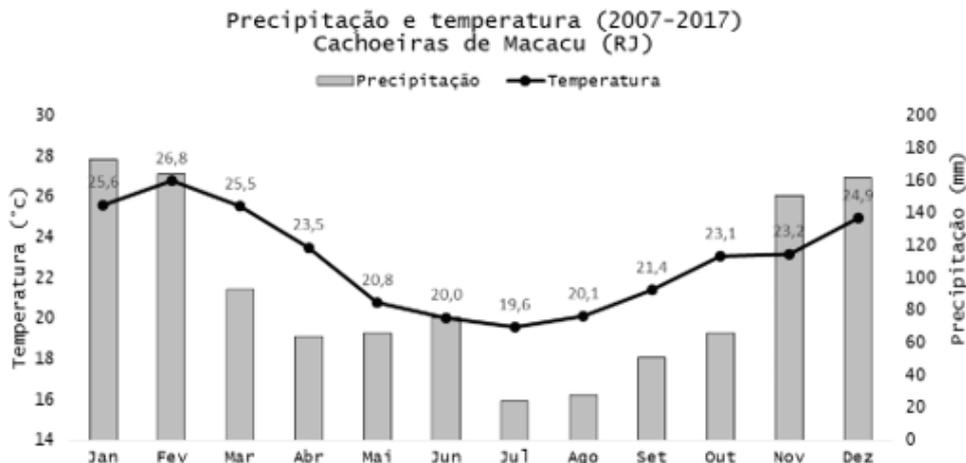


Figura 2. Normais climatológicas de precipitação e temperatura para o Município do Rio de Janeiro de 1988 a 2017

Tabela 5. Aptidão agroclimática para o Município de Cachoeiras de Macacu

Aptidão Agroclimática de Cachoeiras de Macacu (RJ)															
Mês	Abóbora	Açaí	Alface	Batata Doce	Berinjela	Cebola	Cenoura	Cupuaçu	Golaba	Golaba Comercial	Jiló	Milho	Pimentão	Quiabo	Tomate
Janeiro	APTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Fevereiro	APTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Março	APTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	INAPTO	INAPTO
Abril	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Mai	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Junho	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Julho	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Agosto	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Setembro	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO
Outubro	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Novembro	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO
Dezembro	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO	INAPTO	APTO	APTO	APTO	APTO	APTO

Balanco Hídrico Climatológico Normal - Goiaba Cachoeiras de Macacu (RJ)

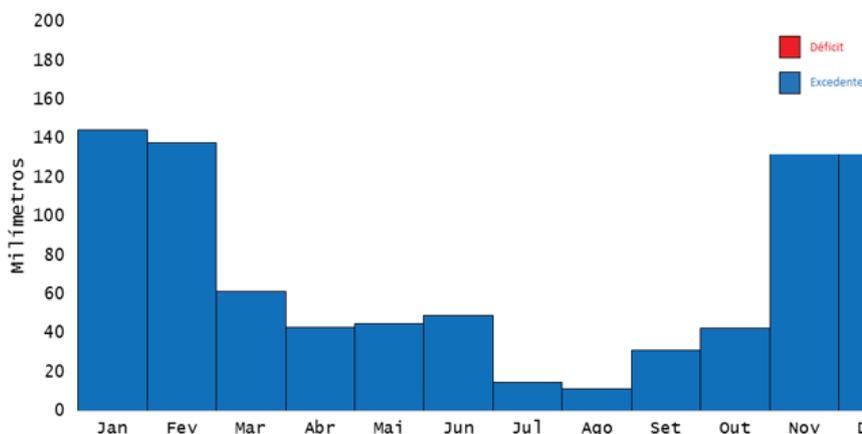
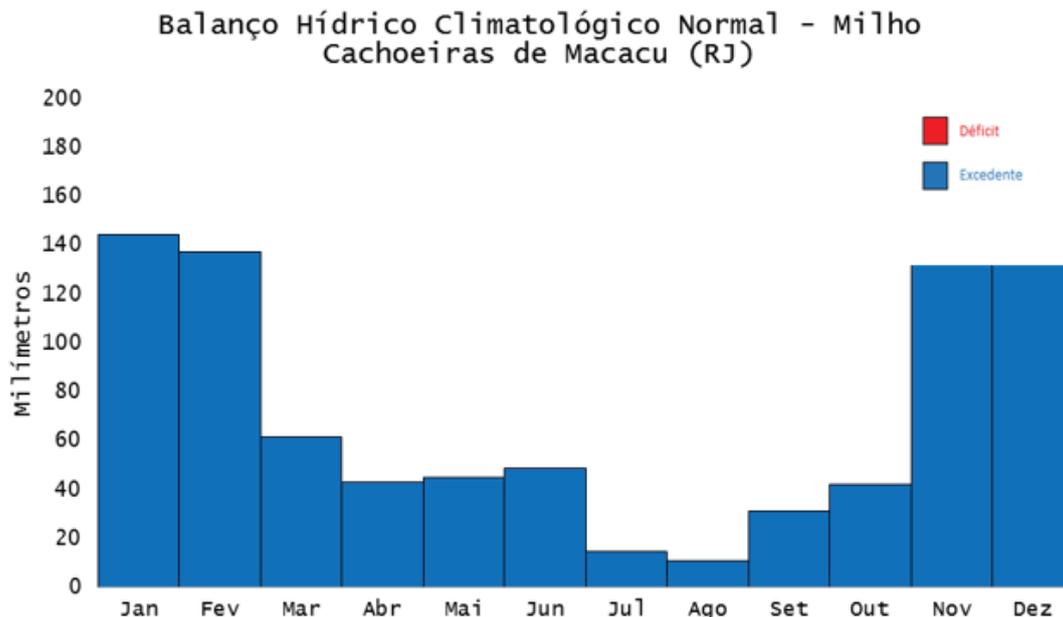


Figura 3. Déficit e excedente hídrico da goiaba para o Município de Cachoeiras de Macacu



**Figura 4.** Déficit e excedente hídrico do milho para o Município de Cachoeiras de Macacu.

a abobora (2/10); 3 para batata-doce (3/7), berinjela (3/7), jiló (3/7), tomate (3/7) e cebola (4/12); 2 para a alface (2/4), cenoura e pimentão (4/6); e 1 para o quiabo (3/1). Entre parênteses estão a duração do ciclo/meses favoráveis.

O risco agroclimático para o Município de Cachoeiras de Macacu foi avaliado, devido à variabilidade climática natural, principalmente no que se refere à condição hídrica para a qual pode ocorrer anos mais secos ou mais chuvosos em relação à média histórica.

Dessa forma, na **Tabela 7**, pode ser visto o risco agroclimático por cultura calculado a partir do percentual do ISNA mensal. Embora, pela média histórica do BHC, não tenha ocorrido meses com deficiência hídrica, o risco climático indicou que a probabilidade desse evento assumir grau de médio a alto não pode ser negligenciada.

Pela **Tabela 7** e com base na aptidão agroclimática (**Tabela 5**), pode-se definir para cada cultura os meses de seu ciclo vegetativo, em que a probabilidade de haver a necessidade de irrigação é média ou alta, a saber:

- A abóbora pode ficar no campo de agosto a junho, mas com irrigação de fevereiro a abril, em junho e de agosto a dezembro.
- A alface pode ficar no campo de maio a setembro, mas com irrigação de junho a setembro.

- O quiabo pode ficar no campo de outubro a dezembro, mas com irrigação durante todo esse período.
- De abril a dezembro, podem ficar no campo: a batata-doce, a cenoura, o jiló e o tomate, com irrigação em abril e de julho a dezembro; a berinjela, com irrigação em abril e de junho a dezembro; o pimentão, com irrigação de julho a dezembro.
- Durante todo o ano, podem ficar no campo: o milho, com irrigação de fevereiro a abril e de junho a dezembro; a cebola, o açaí e a goiaba, com irrigação em abril e de julho a dezembro.

## CONCLUSÕES

Em relação aos resultados encontrados, conclui-se que:

- i) Todas as culturas anuais consideradas têm períodos favoráveis para pelo menos um plantio ao ano na região estudada;
- ii) A questão térmica foi o fator limitante para a não ocorrência da condição favorável ao plantio para as culturas em alguns meses do ano;
- iii) A questão hídrica não foi fator limitante para a condição favorável ao longo dos meses do ano;

Tabela 6. Calendário agrícola para o Município de Cachoeiras de Macacu.

	CULTURAS ANUAIS											CULTURAS PERENES
	MESES APTOS AO PLANTIO											CULTURAS APTAS AO PLANTIO NO MUNICÍPIO DE CACHOERAS DE MACACU
	Abóbora	Alface	Batata Doce	Berinjela	Cebola	Cenoura	Jiló	Milho	Pimentão	Quiabo	Tomate	Açaí e Goiaba
Janeiro	X				X			X				
Fevereiro	X				X			X				
Março	X				X			X				
Abril	X		X	X	X	X	X	X	X	X		
Maió	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Junho		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Julho		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Agosto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Setembro	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Outubro	X		X	X	X		X	X		X	X	
Novembro	X				X			X				
Dezembro	X				X			X				

Tabela 7. Risco agroclimático para o Município de Cachoeiras de Macacu.

Risco Agroclimático calculado através do ISNA														
	Abóbora	Açaí	Alface	Batata Doce	Berinjela	Cebola	Cenoura	Cupuacu	Golaba	Jiló	Milho	Pimentão	Quiabo	Tomate
Janeiro	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	MÉDIO
Fevereiro	ALTO	BAIXO	MÉDIO	BAIXO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO	MÉDIO
Março	ALTO	BAIXO	ALTO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	ALTO	BAIXO	BAIXO	BAIXO
Abril	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MÉDIO	ALTO	ALTO	BAIXO	ALTO	ALTO
Maió	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO
Junho	ALTO	BAIXO	ALTO	BAIXO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	ALTO	BAIXO	BAIXO	BAIXO
Julho	ALTO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO
Agosto	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MÉDIO	ALTO	ALTO
Setembro	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MÉDIO	ALTO	ALTO
Outubro	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Novembro	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
Dezembro	ALTO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO

iv) As culturais mais indicadas para a região são a cebola, o milho, o açaí e a goiaba, por terem condição favorável durante os doze meses do ano;

v) Em consonância com os resultados encontrados na aptidão agroclimática, percebe-se que, para as culturas da goiaba e do milho, não há nenhuma deficiência hídrica climatológica na região; entretanto, como ocorreu risco agroclimático praticamente durante o ano todo, essas culturas devem ser cultivadas com manejo de irrigação;

v) Ocorreu risco climático de seca para todas as culturas consideradas, o que novamente evidencia a necessidade do manejo de irrigação na região nos meses em que o risco encontrado foi "alto".

Este trabalho mostrou que a simulação agroclimática permitiu estabelecer um calendário agrícola para o Município de Cachoeiras de Macacu, objetivando ajudar o planejamento de todos os agricultores da região no plantio e possível manejo de irrigação, e evitar os riscos inerentes ao plantio de determinadas culturas fora do seu período ideal.

Portanto, com essas necessidades atendidas, pode-se concluir que os objetivos almejados neste estudo foram alcançados e, com o sistema implementado, haveria diversos benefícios para sociedade. Por conseguinte, há muitos desafios a serem vencidos, e a pesquisa deve continuar avançando, bem como a disseminação da educação ambiental em todos os setores da sociedade, o que é garantido pela Constituição Federal de 1988 (Artigo 225). Além disso, é importante a execução e elaboração de novos projetos de leis voltados à preservação do meio ambiente, compatibilizando os avanços socioeconômicos, e, também, a execução e elaboração de políticas públicas de fiscalização para verificar se as políticas ambientais descritas no nosso regime jurídico estão sendo cumpridas.

## REFERÊNCIAS

- Assad, ED, Pinto, HS & Zullo, JR 2008, *Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*, 1 ed., vol. 1, Embaixada Britânica, Brasília.
- Camargo, AP 1962, *Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo*, Bragantia, Campinas, vol. 21, pp.63-213.
- Costa, ND, Queiroz, MD, Araújo, JC, Santos, CAF, Faria, CMB, Haji, FNP & Tavares, SCCH 2002, 'A cultura da cebola'. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Costa, VS 2015, 'Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da modificação do método Hargreaves na bacia hidrográfica do rio Piabanha', Monografia submetida ao corpo docente da UFRJ, Teresópolis, RJ.
- Da Silva, AL, Mendes, MAS, Oliveira, AR, Paranhos, BAJ, Santos, CAF, Santos, SDJ, Bastos, DC, Batista, DC, Barbosa, FR, Oliveira, JEM, De Araújo, JLP, Pinto, JM, Cunha e Castro, JM, Soares, Bassoi, LH, Gonzaga Neto, L, De Moura, MSB, Calgare, M, De Lima, MAC, Lima, MF, Correia, RC & Petreire, VG 2010, 'A cultura da goiaba', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Da Silva, WJ, Sans, LMA, Magalhães, PC & Durães, FOM 2006, 'Exigências climáticas do milho em Sistema Plantio Direto'. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, vol. 27, no. 233, pp.14-25.
- De Souza, AGC, Souza, MG, Berni, RF, Pamplona, AMSR & Ribeiro, GD 2008, 'A cultura do cupuaçu: mudas', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Dusi, NA, Lopes, CA, Oliveira, CAS, Moreira, HM, De Miranda, JEC, Charchar, JM, Silva, JLO, Magalhães, JR, Branco, MC, Reis, NVB, Makishima, N, Fontes, RR, Pereira, W & Horino, Y 1993, 'A cultura do tomateiro', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Hargreaves, GH, Samani, ZA 1985 *Reference crop evapotranspiration from temperature". Applied Engineering in Agriculture*, vol. 01, no. 02, pp. 96-99.
- Loose, LH, Maldaner, IC, Heldwein, AB, Lucas, DPD & Righi, EZ 2014, 'Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica', *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 18, no. 3, pp. 250-257.
- Lunardi, DMC, Klosowski, ES & Sandanielo, A 1999, *Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da abóbora italiana*, Botucaçu, SP, via biblioteca virtual da SBAGRO.
- Makishima, N 2004, 'O cultivo de hortaliças' *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Marouelli, WA, Oliveira, RA & Silva, WLC 2007, 'Irrigação da Cultura da Cenoura', *Circular técnica*, EMBRAPA, Brasília, DF.
- Martha Junior, GB, Alves, ER, De, A, Contini, E & Ramos, SY 2010, 'The development of Brazilian agriculture and future challenges', *Revista de Política Agrícola*, Brasília, DF, ano 19, pp. 91-104.
- Miranda, JEC, França, FH, Carrijo, AO, Souza, AF, Pereira, W, Lopes, CA & Silva, JBC 1995, 'A cultura da batata-doce', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Mueller, CC 2005, Agricultura, desenvolvimento agrário e o governo Lula, *Revista de Política Agrícola*, no. 02, pp. 18-36.
- Nogueira, OL, De Carvalho, CJR, Muller, CH, Galvão, EUP, Martins e Silva, H, Rodrigues, JELF, De Oliveira, MSP, De Carvalho, JEU, Da Rocha Neto, OG, Do Nascimento, WMO & Calvazara, BBG 1995, 'A Cultura do Açaí', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Nunes, AL, Bispo, NB, Hernandez, RH & Navarini, L 2009, 'Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alface para a região Sudoeste do Paraná', *Scientia Agraria*, Curitiba, vol. 10, no. 5, pp. 397-402.
- Oliveira, GM, Leitão, MMVBR, Bispo, RC, Santos, IMS, Lima, CBA & De Carvalho, ARP 2013, 'Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação', *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 17, no. 9, pp. 969-974.
- Pinheiro, JB, Pereira, RB, De Freitas, RA, Castro e Melo, RA 2015, 'Cultura do jiló', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Santana, MJ, Pereira, UC, Beirigo, JDC, Souza, SS, Campos, TM & Vieira, TA 2011, *Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado*, Irriga, Botucaçu, vol. 16, no. 1, pp. 11-20.
- Souza, AF, Lopes, CA, França, FH, Reifschneider, FJB, Pessoa, HBSV, Vieira, JV, Charchar, JM, Mesquita Filho, MV, Makishima, N, Fontes, RR, Marouelli, WA & Pereira, W 1999, 'A cultura da cenoura', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.
- Teixeira, AHC, Bassoi, LH, Reis, VCS, Da Silva, TGF, Ferreira, MNL & Maia, JLT 2003, 'Estimativa do consumo hídrico da goiabeira utilizando estações agrometeorológicas automática

e convencional', *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal – SP*, vol. 25, no. 3, pp. 457-460.

Thorntwaite, CW, Mather, JR 1955, 'The water balance', Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, pp. 104, *Publications in Climatology*, vol. VIII, no. 1.

Tsunechiro, A, Vasconcellos, CA, Moretti, CL, Karam, D, De Oliveira, E, Gomes e Gama, EE, Fernandes, FT, Durães, FOM, Henz, GP, Pereira Filho, IA, Cruz, I, Duarte, JO, Cruz, JC, Waquil, JM, Mattoso, MJ, Viana, PA, Magalhães, PC & Albuquerque, PEP 2008, 'A cultura do milho', *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Brasília, DF.

**Recebido:** 5 nov. 2021

**Aprovado:** 23 mar. 2022

**DOI:** 10.20985/1980-5160.2022.v17n1.1759

**Como citar:** Carmo, L.F.R., Paiva, C.M., Menezes, W.F., Santos, G.C. (2022). Desenvolvimento de modelo agroclimático para o município de Cachoeiras de Macacu – RJ. *Revista S&G* 17, 1. <https://revistasg.emnuvens.com.br/sg/article/view/1759>