

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE AGRONOMIA

ÉRICK VINÍCIUS PELLIZZARI

**ASPECTOS BIOMETEOROLÓGICOS DO CULTIVO DE HÍBRIDOS DE  
MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E ARRANJOS  
ESPACIAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS  
2017

ÉRICK VINÍCIUS PELLIZZARI

**ASPECTOS BIOMETEOROLÓGICOS DO CULTIVO DE HÍBRIDOS DE  
MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E ARRANJOS  
ESPACIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Márcio  
Corrêa Vieira

DOIS VIZINHOS

2017

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pelo dom da vida que me faz capaz de chegar onde estou hoje.

Aos meus pais, Joarez e Claudicéia por terem me dado todo o apoio necessário e condições de me manter em Dois Vizinhos durante esses quase 5 anos de Universidade. Também à minha irmã Giuliana por estar presente e fazendo companhia para nossos pais enquanto estive fora de casa.

À minha namorada Daniele por sempre me apoiar em momentos de dificuldade emocional e me motivando a sempre continuar em frente.

Ao meu orientador, professor Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira pela ajuda e companheirismo durante execução do experimento à campo e produção da monografia. Também pelos 4 anos enquanto membro do GEBIOMET e por todos os conhecimentos científicos e, principalmente, humanos repassados nesse período.

Aos meus colegas de sala e professores da UTFPR dos quais carregarei boas lembranças para a vida toda.

Agradeço em especial ao Diego pela ajuda na implantação do experimento e ao Rodrigo pela ajuda durante as avaliações do projeto.

Enfim, à todos que de alguma maneira me ajudaram a atingir esse objetivo, o meu muito obrigado.



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Dois Vizinhos  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação do Curso de Agronomia



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ASPECTOS BIOMETEOROLÓGICOS DO CULTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E ARRANJOS ESPACIAIS**

por

**ÉRICK VINÍCIUS PELLIZZARI**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 24 de novembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Frederico Márcio Corrêa Vieira  
UTFPR - DV

---

Paulo Fernando Adami  
Membro titular  
UTFPR - DV

---

Gilmar Antônio Nava  
Membro titular  
UTFPR - DV

---

Angélica Signor Mendes  
Responsável pelos Trabalhos  
de Conclusão de Curso

---

Lucas da Silva Domingues  
Coordenador do Curso  
UTFPR - Dois Vizinhos

## RESUMO

PELLIZZARI, E. V. Aspectos biometeorológicos do cultivo de híbridos de milho em diferentes estádios fenológicos e arranjos espaciais. 2017. 38 f. Monografia – Trabalho de Conclusão de Curso II – Bacharelado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

O milho é a segunda *commodity* agrícola mais produzida no Brasil, ficando atrás apenas da soja. Logo, sua importância para a economia nacional é imprescindível. Porém, se trata de cultura bastante sensível às variações meteorológicas, sendo estas capazes de reduzir em até 100% o potencial produtivo de lavouras comerciais. Neste âmbito, objetivou-se por meio do presente trabalho avaliar a dinâmica das variáveis agrometeorológicas durante o ciclo de híbridos de milho submetidos a diferentes arranjos espaciais. O trabalho foi realizado na Estação Experimental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Dois Vizinhos, durante o período de setembro de 2016 a janeiro de 2017. O experimento foi montado em esquema trifatorial 4x3x2, onde foram cultivados dois híbridos de milho, P30F53 e P1630, submetidos a três arranjos espaciais de semeadura: linhas simples de 60 cm entre linhas, linhas duplas de 60x30 cm entre linhas e linhas simples de 45 cm entre linhas. O terceiro fator foi o ciclo da cultura, subdividido em 4 períodos principais: P1, emergência até 12 folhas completamente desenvolvidas (V12); P2, V12 até início de polinização; P3, polinização até grão leitoso (R3) e P4, grão leitoso até maturação fisiológica. Após o início da emergência das plântulas de milho foram realizadas avaliações semanais dos componentes agrometeorológicos com o uso de duas estações micrometeorológicas, modelos HOBO UX 120-006M e HOBO H21-002. Cada dia de avaliação era subdividido em três rodadas de leituras, iniciando cada uma às 9:00, 12:00 e 14:00 horas. Em cada parcela a microestação ficava instalada por 5 minutos até a estabilização dos sensores e correta leitura dos componentes agrometeorológicos. Para reduzir o erro experimental proporcionado pelo decorrer do dia, as leituras eram iniciadas em parcelas alternadas, começando pela parcela 1 nas semanas ímpares e pela parcela 24 nas semanas pares. Os tratamentos avaliados não foram capazes de provocar mudanças na umidade relativa do ar e na temperatura do solo. O crescimento das plantas de milho é capaz de reduzir a velocidade do vento em mais de 800%. O fator arranjo de plantas não foi significativo para proporcionar mudanças na dinâmica da radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa. O híbrido P30F53 apresentou-se mais eficiente na utilização dos componentes agrometeorológicos de radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa na população de plantas testada quando comparado ao híbrido P1630. Nenhum dos híbridos avaliados foi capaz de alterar o microclima da lavoura antes do estágio de polinização. Após o início da senescência das plantas estas passaram a exercer menor influência no comportamento das variáveis agrometeorológicas.

**Palavras-chave:** Linhas duplas. Manejo cultural. Microclima. Arranjo espacial.

## ABSTRACT

PELLIZZARI, E. V. Biometeorological aspects of the cultivation of maize hybrids in different phenological stages and spatial arrangements. 2017. 38 f. Monografia – Trabalho de Conclusão de Curso II – Bacharelado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

Corn is the second agricultural commodity more produced in Brazil, behind only soybeans. So its importance to the national economy is indispensable. But it is a culture very sensitive to climatic conditions, which are able to reduce up to 100% of the productive potential of commercial crops. In this context, the objective was with the work to evaluate the behavior of the agrometeorological variables during the cycle of maize hybrids submitted to different spatial arrangements. Work will be realized on the Experimental Station of the Federal Technological University of Paraná - Câmpus Dois Vizinhos, during the period from September 2016 to January 2017. Experiment will be realized in a factorial experimental 4x3x2, where two maize hybrids, P30F53 and P1630, were submitted to three spatial arrangements: single lines of 60 cm between lines, double lines of 60x30 cm between lines and single lines of 45 cm between lines. The third factor to be considered was the corn cycle, subdivided into 4 main periods: P1, emergence up to 12 fully developed leaves (V12); P2, V12 until start of pollination; P3, pollination up to milky grain (R3) and P4, milky grain until physiological maturation. After the emergence of maize seedlings, weekly evaluations of the agrometeorological components were realized using two micrometeorological stations, models HOBO UX 120-006M and HOBO H21-002. Each measure day was subdivided into three rounds of readings, each starting at 9:00, 12:00 and 14:00 hours. In each plot the microstation was installed for 5 minutes until the stabilization of the sensors and correct reading of the agrometeorological components. To reduce the experimental error provided duration the day, the readings were started in alternate plots, starting with plot 1 in unpaired weeks and plot 24 in pair weeks. The treatments evaluated were not able to induce changes in relative humidity and soil temperature. The growth of corn plants is able to reduce wind speed by more than 80%. The plant arrangement factor was not significant to modify the behavior of the Global Solar Radiation and Photosynthetically Active Radiation. The P30F53 hybrid was more efficient in the use of the Agrometeorological components of Global Solar Radiation and Photosynthetically Active Radiation in the plant population tested when compared to the P1630 hybrid. None of the measure hybrids were able to change the microclimate of the crop before the pollination stage. After the senescence of the plants, they had less influence on the behavior of the agrometeorological variables.

**Keywords:** Twin row. Cultural management. Microclimate. Spatial arrangement.

## LISTA DE ABREVIATURAS

DAS – Dias Após a Semeadura

ETP – Evapotranspiração Potencial

IAF – Índice de Área Foliar

PP – Precipitação Pluvial

Qg – Radiação Solar Global

RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa

Rn – Saldo de Radiação

TAR – Temperatura do Ar

TSOLO – Temperatura do Solo à 5 cm de profundidade

UR/URA – Umidade Relativa do Ar

USOLO – Umidade do Solo à 5 cm de profundidade

VV – Velocidade do Vento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>9</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
4.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO .....	11
4.2 DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS DE MILHO .....	12
4.2.1 Híbrido P30F53.....	13
4.2.2 Híbrido P1630 .....	13
4.3 SEMEADURA EM LINHAS SIMPLES E DUPLAS .....	14
4.4 EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA CULTURA DO MILHO .....	15
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO.....	18
5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	19
5.3 AVALIAÇÕES MICROCLIMÁTICAS .....	20
5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	22
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>34</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O milho é o principal cereal cultivado no Brasil. Trata-se de cultura amplamente adaptada às diferentes regiões e condições edafoclimáticas do país devido aos processos de melhoramento genético.

Porém, assim como qualquer cultura, apresenta sensibilidade às variações climáticas, estando sua produtividade submetida não somente ao manejo agrônômico utilizado, mas também ao ambiente transcorrido durante seu ciclo. Considera-se que a produção final de uma cultura é determinada pela sua carga genética adjunta das condições climáticas a qual é submetida, permitindo ou não expressão de sua máxima capacidade (WEISMANN, 2007).

Dentre os fatores bióticos e abióticos que prejudicam lavouras comerciais, o clima apresenta-se como um dos principais limitadores e que dispõe de poucas opções para ser evitado. Nesse sentido, é preciso utilizar manejos culturais que tornem a cultura mais tolerante às adversidades garantindo maior rentabilidade a atividade.

O arranjo espacial da cultura do milho é fator de importância para o seu desenvolvimento. Considerada planta de baixa prolificidade, a correta distribuição durante a semeadura torna-se indispensável para o aproveitamento máximo dos elementos meteorológicos (MIOTTO Jr, 2014).

Atualmente, visando otimizar o processo de semeadura e melhorar a equidistância entre plantas, cultiva-se o milho em espaçamento entre linhas reduzidos, variando entre 40 e 60 cm. Nesse sistema, aumenta-se a distância entre plantas numa mesma linha quando comparado ao sistema antigo, com espaçamento entre linhas de 0,80 a 1,0 metro (GUTIERREZ, 2010).

De modo que o milho expressa diferentes componentes de rendimento durante todo o ciclo, é preciso que ao decorrer do seu desenvolvimento as condições ambientais sejam aproveitadas com máxima eficiência para a cultura expressar todo seu potencial de produção.

## 2 JUSTIFICATIVA

O clima está entre os principais fatores que afetam a produtividade dos cultivos agrícolas, seja positiva ou negativamente. Assim como qualquer cultura, o milho não é exceção a essa regra. Dentre as principais ferramentas que os produtores rurais possuem para melhor utilizar as variáveis meteorológicas, destacam-se a escolha de variedades adaptadas e o manejo cultural de arranjo espacial.

O manejo cultural é o conjunto de técnicas que apresenta efeitos, em sua grande maioria, benéficos às plantas cultivadas. O melhoramento genético da cultura do milho está desenvolvendo plantas com arquitetura foliar que permite o adensamento populacional, reduzindo a produção por planta, porém, em contrapartida, aumentando a produção total por área.

Dentre os objetivos na mudança do arranjo espacial, está a maximização no aproveitamento dos componentes meteorológicos por parte das plantas. Porém, essa informação por vezes apresenta-se teórica, existindo a escassez de dados micrometeorológicos que quantifiquem e comprovem se há diferença entre esses diferentes manejos culturais.

Nesse sentido, o estudo do microclima em diferentes híbridos de milho com arranjos espaciais distintos permite comprovar se há mudança nos componentes meteorológicos dentro do dossel de plantas que justifiquem aumentos na produtividade.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito do arranjo espacial sobre as características microclimáticas em diferentes períodos do ciclo de híbridos de milho.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar a influência do arranjo espacial de híbridos de milho sobre o microclima da lavoura;
- Avaliar a variação dos elementos meteorológicas durante o desenvolvimento da cultura do milho;
- Quantificar mudanças no aproveitamento dos componentes meteorológicos em lavouras cultivadas com diferentes híbridos de milho e semeados em diferentes espaçamentos entre linhas;

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

O milho é planta anual, de crescimento ereto e originário da América Central, mais especificamente no México. É monocotiledônea, da classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem das Poales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, Tribo Maydeae, gênero *Zea* e epíteto específico *mays*. Logo, seu nome binomial, após reclassificação por Linnaeus ficou como *Zea mays* L. (CASTRO; KLUGE, 1999).

É um dos principais cereais cultivados em todo o planeta. Apresenta grande gama de produtos para sua derivação, é usado tanto na alimentação humana como animal. Considerado *commodity* agrícola é usado como matéria prima em diversas indústrias, como para produção de cerveja, etanol, tinturas entre outros (FERREIRA JR et al., 2014).

O United States Department of Agriculture (USDA) estimou que a produção mundial na safra 2014/2015 ultrapassou um bilhão de toneladas do grão. Os Estados Unidos são o principal produtor contribuindo com aproximadamente 361 milhões de toneladas. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com 85 milhões de toneladas produzidas na safra 2014/2015, ficando também atrás da China com 215 milhões de toneladas produzidas (FIESP, 2015).

Segundo a CONAB (2017), o Brasil apresentou aproximadamente 17,5 milhões de hectares plantados e 97,8 milhões de toneladas de grãos produzidos na safra 2016/2017, entre milho primeira e segunda safra. Com produtividade média de aproximadamente 5560 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando-se muito abaixo dos tetos produtivos já alcançados.

O Paraná apresenta-se como o segundo Estado brasileiro com maior produção total de milho, com 17,8 milhões de toneladas, estando atrás apenas do Mato Grosso com 28,8 milhões de toneladas de toneladas. Na safra 2016/2017 o Paraná apresentou a quinta maior produtividade, alcançando 6,1 toneladas por hectare, ficando atrás de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso (CONAB, 2017).

Segundo Gutierrez (2010), no Brasil, o milho apresenta duas safras, comumente chamada pelos profissionais da área e produtores, de safra e safrinha. A safra é a mais tradicional, tendo a semeadura realizada na época das chuvas, por meados de setembro na região Sul e se estendendo até outubro/novembro nas regiões mais centrais. Porém, a safrinha está conquistando cada vez mais espaço, uma vez que, o milho safra compete com o cultivo da soja, principal *commodity* nacional e a soja safrinha está sendo proibida em diversos Estados brasileiros pelo fato da proliferação da ferrugem asiática.

#### 4.2 DESENVOLVIMENTO DE HÍBRIDOS DE MILHO

Tendo em vista a importância da cultura do milho para a economia nacional, diversas são as pesquisas relacionadas ao seu desenvolvimento. Buscando, além de aumentar o potencial produtivo, criar híbridos que sejam adaptáveis às diversas regiões edafoclimáticas do país. Outros fatores a serem considerados durante o melhoramento da cultura são o porte e o ciclo, prezando-se cada vez mais por genótipos que garantam plantas menores, de menor IAF e com ciclos mais rápidos (FERREIRA JR et al., 2014).

A redução no ciclo visa a possibilidade do cultivo de duas safras durante o verão, garantindo melhor aproveitamento das áreas pelos produtores rurais. Plantas cada vez menores e com a inserção da folha mais ereta, além de reduzir o risco de acamamento pela ação dos ventos, possibilita o aumento da densidade populacional (GUTIERREZ, 2010).

Os recentes processos de melhoramento genético da cultura do milho tendem a selecionar fenótipos com menor angulação das folhas para permitir que o adensamento populacional não cause competição intraespecífica excessivamente alta. Nesse propósito, há redução da produção individual por planta, porém, aumenta-se a produção total por área pela otimização no aproveitamento dos componentes agrometeorológicos (ARGENTA et al., 2001).

#### 4.2.1 Híbrido P30F53

Trata-se de um híbrido precoce presente no mercado a vários anos. Bastante utilizado na região Sul, com população para cultivo na safra indicada de 70 a 80 mil plantas por hectare. Considerado planta responsiva ao manejo e de alto potencial produtivo, apresentando qualidade de grãos e possibilidade de uso para silagem (DUPONT, 2017).

Apresenta maior tolerância à baixas populações de plantas garantindo satisfatórios índices de produtividade, característica obtida através do hábito perfilhador que apresenta, sendo estes capazes de responder por até 65% do IAF máximo quando submetido a populações de 30.000 plantas por hectare (SANGOI et al., 2011).

O híbrido utilizado, de nome técnico 30F53VYHR apresenta a tecnologia Leptra, sendo resistente a insetos e, principalmente, à *Spodoptera frugiperda*. Ademais, apresenta gene de resistência ao glifosato que aumenta a possibilidade para o controle de plantas daninhas (PIONEER, 2017a).

#### 4.2.2 Híbrido P1630

Trata-se do híbrido com o menor intervalo de tempo entre semeadura e colheita encontrado no mercado. O P1630 apresenta ciclo hiperprecoce e possibilita o cultivo da safrinha, sendo a sua semeadura indicada apenas para cultivo na safra (PIONEER, 2017b).

O presente material, devido ao formato de inserção das folhas apresenta maiores respostas produtivas quando cultivado em menores espaçamentos entre linhas e em altas densidades populacionais (TURAZZI, 2016). Porém, o presente material apresenta apenas tecnologia Herculex, sendo suscetível à insetos resistentes ao respectivo gene Bt. Apresenta-se também suscetível a doenças fúngicas, exigindo monitoramento constante da lavoura (CAIRES; MILLA, 2016).

### 4.3 SEMEADURA EM LINHAS SIMPLES E DUPLAS

O espaçamento entre linhas é uma das medidas de manejo cultural de mais fácil execução. Antigamente, cultivava-se milho com linhas de mais de um metro de largura. Atualmente, observa-se que se reduzindo o espaçamento e aumentando-se a distância entre sementes na mesma linha, a semeadura fica mais equidistante (MIOTTO Jr, 2014).

Porém, deve-se destacar que a possibilidade de ser reduzir o espaçamento entre linhas se deu em partes pelo melhoramento genético. Reduzindo-se o tamanho das plantas, o número de folhas, a angulação das folhas, entre outras características morfológicas, é possível aumentar a população de plantas e reduzir o espaçamento. Caso as plantas estejam bem distribuídas na lavoura, têm-se menor competição por nutrientes com melhor aproveitamento do solo, melhor interceptação luminosa, menor perda de água por evaporação e, conseqüentemente, maior crescimento e desenvolvimento vegetal (ARGENTA et al., 2001).

O sistema de semeadura em linhas duplas, também chamado de *twin-row*, surge como nova opção para o sistema de semeadura. Segundo Balem (2013), o uso desse sistema baseia-se em dividir a população de uma linha em duas, proporcionando a semeadura ainda mais equidistante que o espaçamento simples reduzido, além de dispor de maior número de plantas por unidade de área.

Havendo maior distância entre as linhas duplas é permitido aumentar o desenvolvimento das raízes do milho, uma vez que, quando as raízes de duas plantas se encontram, o crescimento cessa. Com linhas mais distantes é permitida maior entrada de luz pelo dossel das folhas, aumentando-se a interceptação de radiação pelas plantas que conseguem se desenvolver mais rápido (MODOLO et al., 2010).

O uso das linhas duplas além de causar efeitos diretos para o desenvolvimento da planta, pode também proporcionar efeitos indiretos. Plantas melhor distribuídas e distantes alterarão o microclima da lavoura, podendo beneficiar a cultura de interesse e prejudicar o desenvolvimento de competidores, como pragas, doenças e plantas daninhas (BALBINOT; FLECK, 2005). Por exemplo, a maior interceptação de luz fará com que logo as plantas cresçam e fechem seu dossel de folhas, inibindo a germinação das sementes de plantas daninhas.

Talvez, o maior desafio para a adoção desse sistema de semeadura, no caso da cultura do milho, seja a alteração necessária das plataformas de colheita que precisarão se adaptar aos novos espaçamentos (MIOTTO Jr, 2014).

#### 4.4 EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA CULTURA DO MILHO

O milho que se observa hoje é descendente, segundo estudos, do teosinto, sendo gramínea originada do México. Logo, observa-se que o milho apresenta-se como planta tropical, com metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, exigindo temperaturas do ar mais elevadas. Porém, devido a diversos programas de melhoramento genético com a cultura, hoje é possível produzi-la entre as latitudes 40°N e 40°S (FERREIRA JR et al., 2014).

Segundo MONTEIRO et al. (2009), a temperatura do ar é o principal elemento meteorológico para determinar a fenologia e desenvolvimento das plantas de milho. Indica-se que as temperaturas cardeais para a cultura são de 10 °C para basal mínima (T<sub>b</sub>), 40 °C para basal máxima (T<sub>B</sub>) e 30 °C para ótima (T<sub>ótima</sub>). Esses valores podem sofrer variação de acordo com o genótipo do milho a ser cultivado, uma vez que as temperaturas cardeais dos híbridos precoces são menores que a dos tardios. Gadioli et al. (2000), afirmaram que a necessidade de unidades calóricas em híbridos precoces de milho é menor que a dos tardios. Ademais, apresentam T<sub>b</sub> menor, o que proporciona a mudança de estágio fenológico mais rapidamente devido sua capacidade de acumularem energia a partir de temperaturas mais baixas.

Apesar da temperatura ser o principal condicionante da fenologia do milho, a disponibilidade hídrica vem se tornando a principal responsável pela variação de produtividade entre uma safra e outra. Por ser gramínea, apresenta raízes fasciculadas que crescem tanto horizontalmente pelo perfil do solo como lateralmente, em direção as raízes de outras plantas, aumentando-se a competição intraespecífica por água e nutrientes. De maneira geral, em anos de El Niño a região Sul possui sua produção de milho beneficiada pelo aumento do regime de chuvas, diminuindo-se o problema por competição de água (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005).



Indica-se que populações de milho com 50 mil plantas  $ha^{-1}$  fazem como que a evapotranspiração da cultura possa variar entre 400 e 700 mm durante todo o ciclo (DOORENBOS; PRUIT, 1975). Observa-se que a maior parte da água evapotranspirada nos estádios iniciais da cultura se dá principalmente pela evaporação do solo, ou seja, água não utilizada pela planta. A partir do momento que as folhas passam a cobrir toda a superfície do solo, a ETP aumenta com diminuição da evaporação do solo (MONTEIRO, 2009). MATZENAUER et al., (1998), determinaram o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para a milho dividindo-o em cinco fases. Da semeadura à emergência (0,40), emergência à 30 dias (0,55), 30 dias à 50% de pendoamento (0,88), 50% pendoamento à maturação leitosa (0,97) e maturação leitosa à maturação fisiológica (0,70).

Quando a planta de milho sofre algum estresse, como o hídrico, suas folhas se enrolam na tentativa de diminuir a área foliar e dessa maneira, transpirar menos. Logo, pode-se deduzir que o déficit hídrico afetará a interceptação de radiação por parte do dossel das plantas. Com menor transpiração e interceptação da radiação, a taxa fotossintética é diminuída e, conseqüentemente, o crescimento vegetal é prejudicado (MULLER; BERGAMASCHI, 2005).

As plantas utilizam apenas fração de toda a radiação global que incide sobre a superfície terrestre, a chamada radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que varia no comprimento de onda entre 400 e 700 nm, ou seja, a luz visível. Dentro dessa faixa, os pigmentos fotossintetizantes como as clorofilas e carotenóides, apresentam picos de absorção da luz. Na faixa do azul e do vermelho, aproximadamente 400 e 700 nm é quando esses pigmentos apresentam maior excitação e maior taxa fotossintética, respectivamente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A radiação é a única variável climática que além de ser elemento, também é importante fator climático, condicionando, por exemplo, a temperatura do ar, outro importante elemento (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). A eficiência na interceptação da RFA pode ser determinante não apenas para o desenvolvimento das plantas, mas também para sua produção final. Quando há pouca competição por luz, a eficiência de uso da radiação é máxima pelas folhas, porém, quando aumenta-se o índice de área foliar (IAF) a eficiência de uso decresce, podendo resultar em senescência precoce (GUTIERREZ, 2010).

No caso do milho, observou-se maior índice de espiga nas linhas laterais da lavoura, devido a maior incidência luminosa, já que não existem barreiras laterais para

a passagem de radiação. Miotto Jr. (2014) observou que o milho cultivado no sistema de linhas duplas apresentou maior índice de espigas que no de linhas simples, por mais que no seu caso, não se tenha apresentado diferença significativa de produtividade.

O vento é elemento climático bastante influente no desenvolvimento do milho, sendo capaz de gerar tanto benefícios quanto malefícios. A cultura do milho é espécie de polinização cruzada que precisa do vento para formação de grãos, mas quando excessivos podem ocasionar perdas de até 100% em lavouras comerciais. Ventos intensos são capazes de arrancar folhas, reduzindo o IAF, além de proporcionar acamamento de plantas, principalmente em lavouras de alta densidade populacional, onde os colmos tendem a ser mais frágeis (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Ventos associados a ambientes úmidos podem ocasionar microclima propício ao desenvolvimento de patógenos. Densidades populacionais elevadas tendem a sombrear rapidamente o solo, reduzindo-se a temperatura do local e aumentando-se a umidade relativa do ar (UR). Fatores de baixa temperatura e UR elevada tendem a promover períodos de molhamento foliar maiores, que combinados ao transporte de inóculos pelo vento promovem aumento na incidência de doenças na planta (MONTEIRO, 2009).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Dois Vizinhos, localizada nas coordenadas 25° 41' 34" S e 53° 05' 36" W, em altitude de 530 m, conforme figura 1. O clima da região é classificado por Koppen como Cfa, ou seja, é clima temperado úmido, com verão quente e sem estação seca definida. A precipitação anual varia entre 1900 a 2200 mm, com temperatura média do ano entre 18 e 20 °C (ALVARES et al., 2013).



Figura 1 – Descrição por meio da vista aérea da área de implantação do experimento  
Fonte: Google Earth, 2017.

O tipo de solo que predomina na região, conforme descrito pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, é Nitossolo Vermelho distroférico, sendo este de acentuado intemperismo e presença de cerosidade no perfil (EMBRAPA, 2006).

Anteriormente à implantação do experimento foi feita a amostragem do solo a 0-10 e 10-20 cm de profundidade, em 10 pontos aleatórios da área para a elaboração da análise química. As amostras foram destinadas ao Laboratório de Análises de Solo UTFPR/IAPAR, na cidade de Pato Branco - PR (SBCS, 2004).

O resumo dos principais atributos químicos determinados no laudo da análise de solo encontram-se na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Laudo da análise de solo nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm

Profundidade (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )	CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-1</sup> )	V (%)
0 - 10	5,6	46,24	26,5	84,1	9,7	71,5
10 - 20	5,5	30,82	19,7	35,2	8,8	66,6

## 5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Na área, durante o inverno foi cultivada aveia branca IPR 126 como planta de cobertura, sendo dessecada com glifosato, 900 g ingrediente ativo ha<sup>-1</sup>, durante a fase de emissão da panícula. A implantação do experimento ocorreu no dia 2 de setembro de 2016 com a semeadura direta de dois híbridos de milho, variedades P30F53 e P1630. A semeadora foi regulada para depositar 70.000 sementes ha<sup>-1</sup>.

Na semeadura foi utilizado na adubação de base o fertilizante Top Phos 03-22-00 na dosagem de 360 kg ha<sup>-1</sup>. Após uma semana da semeadura foi feita a aplicação de potássio em cobertura com fertilizante KCl (60% de K<sub>2</sub>O) na dosagem de 285 kg ha<sup>-1</sup>. A adubação nitrogenada consistiu de duas aplicações de ureia (45% de N) em cobertura quando o milho estava com 4 e 8 folhas completamente desenvolvidas (V4 e V8), respectivamente. Em cada aplicação foram lançados 215 kg de ureia por hectare, totalizando 190 kg N ha<sup>-1</sup> em cobertura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em dois momentos. A primeira consistiu na aplicação de herbicida a base de atrazina (4,0 L ha<sup>-1</sup>), sendo realizada 21 dias após a semeadura (DAS). A segunda aplicação foi realizada 35 DAS, consistindo na mistura dos princípios ativos atrazina e mesotriona (4,0 + 0,3 L ha<sup>-1</sup>). No mesmo dia foi aplicado inseticida a base de Triflumurom (0,1 L ha<sup>-1</sup>) para controle da lagarta do cartucho. Quando a cultura iniciou a emissão do pendão, 70 DAS, foi realizada a aplicação preventiva de fungicida a base de Trifloxistrobina + Protioconazol na dose de 0,4 L ha<sup>-1</sup>.

O experimento foi montado em esquema trifatorial 3x2x4 com 4 repetições para cada configuração de tratamento. As parcelas consistiram de 6 linhas de semeadura por 10 metros de comprimento. O primeiro fator consistiu nos arranjos espaciais de plantas, linhas simples de 0,6 m entre linhas, linhas duplas de 0,6 x 0,3 m entre linhas e linhas simples de 0,45 m entre linhas. O segundo fator a ser considerado foram dois diferentes híbridos de milho, P30F53 e P1630. O terceiro fator foi o ciclo da cultura, subdividido em 4 períodos principais (Tabela 2): P1, emergência até V12; P2, V12 até início de polinização; P3, polinização até grão leitoso (R3) e P4, grão leitoso até maturação fisiológica, conforme metodologia proposta por Silva (2009).

Tabela 2 – Descrição das datas compreendidas dentro de cada período fenológico da cultura do milho

Períodos	Datas compreendidas
P1	12/09/2016 à 16/10/2016
P2	17/10/2016 à 13/11/2016
P3	14/11/2016 à 08/01/2017
P4	09/01/2017 à 16/01/2017

Períodos: P1- emergência até V12; P2- V12 até início de polinização; P3- polinização até grão leitoso (R3) e P4- grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.  
Fonte: O autor, 2017.

### 5.3 AVALIAÇÕES MICROCLIMÁTICAS

Durante todo o ciclo da cultura foram avaliados dados microclimáticos, em nível agrometeorológico (1,5 m acima do solo) e de relva. Excetuando-se à essa altura a avaliação da velocidade do vento, sendo essa feita à 2 m do nível do solo. As variáveis microclimáticas escolhidas para este estudo foram: temperatura e umidade do ar e do solo, irradiância solar global, velocidade do vento, radiação fotossinteticamente ativa e saldo de radiação.

As avaliações microclimáticas foram realizadas com o auxílio de duas estações micrometeorológicas com função datalogger. A primeira estação, modelo HOBO UX 120-006M (Onset), foi responsável pelo armazenamento dos dados de irradiância solar global (Qg). A outra micro estação, modelo HOBO H21-002 (Onset), armazenou

os dados de temperatura e umidade do solo, radiação fotossinteticamente ativa e os valores das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar.

As medições foram feitas uma vez por semana durante o ciclo. Foi dada preferência por realizar todas as leituras nas segundas-feiras, porém, em casos da ocorrência de chuva a avaliação foi adiada para o próximo dia de tempo limpo.

As avaliações microclimáticas tiveram início 10 DAS quando as plântulas de milho começaram a emergir. Cada dia de avaliação foi dividido em 3 rodadas de leituras, cada uma iniciando às 9:00, 12:00 e 14:00 horas. Em cada rodada a micro estação era instalada sequencialmente no centro geométrico das parcelas por 5 minutos até que os sensores estabilizassem e realizassem a medição dos dados. Esse período era dividido em dois minutos para estabilização do sistema e três minutos restantes para fazer a correta leitura do ambiente. Para eliminar o erro experimental ocasionado pelo decorrer do dia, a parcela de início das leituras era alternada a cada semana. Nas semanas ímpares a avaliação era iniciada na parcela 1 e nas semanas pares iniciava-se na parcela 24.

Para as avaliações, a microestação foi montada em um tripé que mantinha os sensores a 1,5 m do nível do solo. As medidas de temperaturas máximas, mínimas, médias e umidade do ar, foram realizadas pelo sensor termohigrômetro HOBO S-THB M002 (Onset). O sensor era acoplado em abrigo de proteção contra radiação solar para protegê-lo da insolação direta e para não acarretar em alteração na leitura das variáveis.

Para quantificar a umidade do solo, foi utilizada haste de 5 cm de comprimento, modelo ECH<sub>2</sub>O EC-S (Degacon Devices). Essa haste era cravada perpendicularmente ao solo, até que estivesse completamente dentro do solo para fazer a leitura.

A velocidade do vento foi determinada a partir de anemômetro portátil MS6252B (MASTECH). O equipamento era mantido a dois metros de altura e o valor mostrado no visor era devidamente anotado na caderneta de campo.

A irradiância solar global (Q<sub>g</sub>) usada foi determinada por piranômetro SP 212 (Apogee). A Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) foi medida com o auxílio de sensor S-LIA-M003 (Onset). O saldo de radiação (R<sub>n</sub>) foi calculado a partir da variação entre o valor do balanço de ondas longas (BOL) e o balanço de ondas curtas (BOC), como proposto por Doorenbos e Pruitt (1975).

O volume de chuvas ocorrido durante o período de avaliações foi quantificado a partir dos dados coletados pela Estação Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Câmpus experimental da UTFPR – DV.

#### 5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a realização da análise de variância todos os dados foram previamente transformados pelo método de Box-Cox tendo em vista aproximar os valores à distribuição normal.

Os dados das médias obtidos em todos os tratamentos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando houve diferença estatística significativa foi aplicado o teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico R (R Core Team, 2014).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 é possível observar os valores médios nos quatro períodos do ciclo para todas as variáveis microclimáticas avaliadas. É possível observar que as variáveis meteorológicas analisadas, antes do início do processo de polinização (períodos 1 e 2) sofreram baixa influência pelas plantas de milho. Isso concorda com a proposição de Bernardi et al. (2014), ao afirmar que no início do desenvolvimento dos cultivos, o microclima na lavoura não sofre alteração pela vegetação devido ao seu pequeno porte. Somente após o crescimento, quando a vegetação passa a interceptar radiação é que as variáveis agrometeorológicas passam a ser modificadas, principalmente temperatura e umidade.

Porém, destaca-se que dentre todas as variáveis analisadas, apenas a umidade relativa do ar e a temperatura do solo à 5 cm de profundidade não apresentaram ajuste estatístico dos modelos dentre todos os fatores avaliados.

Apesar de não ser estatisticamente diferente entre os períodos considerados, a umidade relativa do ar manteve-se inversamente proporcional à temperatura média do ar, sendo esse o comportamento normal da variável (SILVA, 2009).

Para a temperatura do solo, apesar da não diferença entre os períodos avaliados, observa-se leve aumento para os valores nas fases iniciais do ciclo (emergência à V12) e no final do ciclo (grão leitoso à maturação). Observa-se também o menor valor de média para o estágio de polinização à grão leitoso, coincidindo com épocas em que o solo recebia maior e menor incidência de radiação solar direta, respectivamente. Esse panorama coincide com a afirmação de Torres et al. (2006) de que a temperatura do solo está diretamente ligada com a incidência de radiação solar sobre o mesmo.

O comportamento da temperatura média do ar apresentou-se semelhante para o fator híbridos, não havendo diferença estatística. Na figura 2 é possível observar o comportamento crescente da temperatura do ar da semana 1 até a semana 7, aumentando de valores próximos de 24,0 °C para 34,0 °C.



Tabela 3 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) das variáveis microclimáticas nos diferentes períodos do ciclo dos híbridos de milho. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Períodos	Variáveis microclimáticas								
	TAR (°C)	URA (%)	Qg (W m <sup>-2</sup> )	PP (mm)	RFA (W m <sup>-2</sup> )	VV (m s <sup>-1</sup> )	Rn (W m <sup>-2</sup> )	TSOLO (°C)	USOLO (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
P1	28,2 $\pm$ 0,2	47 $\pm$ 0,7	712,7 $\pm$ 14,4	188,0	434,8 $\pm$ 8,4	2,6 $\pm$ 0,10	464,5 $\pm$ 3,5	26,6 $\pm$ 0,2	0,17 $\pm$ 0,002
P2	32,5 $\pm$ 0,2	48 $\pm$ 0,5	760,7 $\pm$ 25,1	131,6	448,0 $\pm$ 15,1	1,4 $\pm$ 0,10	402,0 $\pm$ 1,9	25,8 $\pm$ 0,2	0,14 $\pm$ 0,002
P3	31,8 $\pm$ 0,2	58 $\pm$ 1,1	465,8 $\pm$ 26,6	286,8	229,8 $\pm$ 16,3	0,3 $\pm$ 0,03	335,1 $\pm$ 5,8	25,2 $\pm$ 0,2	0,20 $\pm$ 0,004
P4	30,9 $\pm$ 0,2	64 $\pm$ 0,5	492,7 $\pm$ 25,2	57,8	246,2 $\pm$ 26,3	0,2 $\pm$ 0,02	302,0 $\pm$ 2,1	27,2 $\pm$ 0,1	0,20 $\pm$ 0,003

Períodos: P1 – emergência até V12; P2 – V12 até início de polinização; P3 – polinização até grão leitoso (R3) e P4 – grão leitoso até maturação fisiológica. Variáveis microclimáticas: TAR – Temperatura média do ar; URA – Umidade relativa do ar; Qg – Radiação solar; PP – Precipitação; RFA – Radiação fotossinteticamente ativa; VV – Velocidade do vento; Rn – Saldo de radiação; TSOLO – Temperatura do solo à 5 cm; USOLO – Umidade do solo. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

O aumento expressivo na temperatura média do ar nesse período é caracterizado pelo término do inverno e início da primavera, em sentido à chegada do verão com temperaturas elevadas. Outro fator para o aumento da temperatura média é a redução o ângulo de declinação solar, que promove o aumento na incidência de radiação solar direta na atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

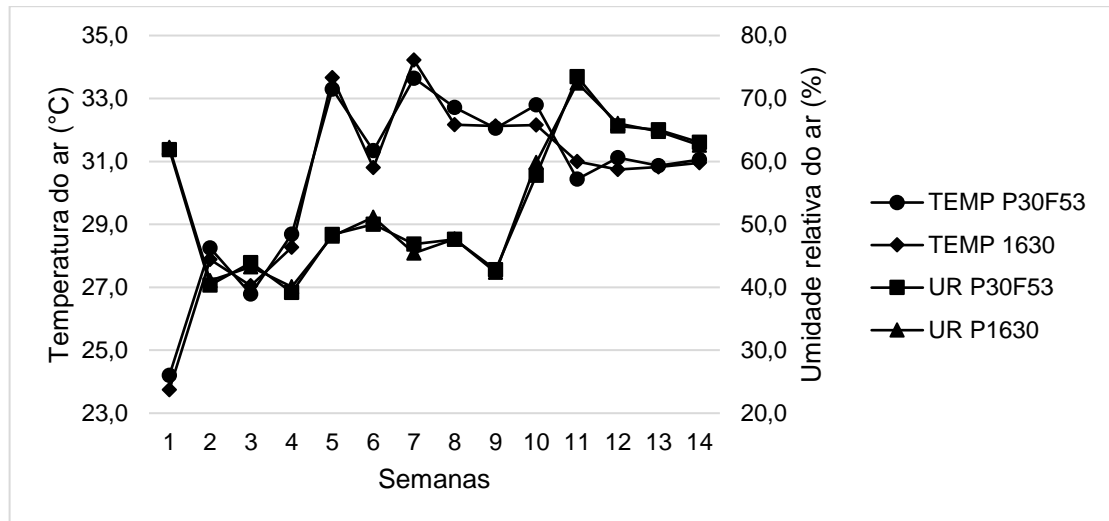


Figura 2 – Comportamento da temperatura média e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do milho nos diferentes híbridos cultivados. TEMP: temperatura média do ar; UR: umidade relativa do ar. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Entre os diferentes sistemas de semeadura foi observado redução significativa para a temperatura média do ar no tratamento com linhas simples de 0,45 m (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de temperatura média, máxima e mínima do ar nos três diferentes arranjos espaciais e para híbridos de milho. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Temperatura (°C)	Arranjos espaciais			Híbridos	
	1	2	3	1	2
Média	30,7 a	30,6 a	30,0 b	30,5 <sup>ns</sup>	30,4 <sup>ns</sup>
Máxima	36,8	37,9	37,7	37,1	37,9
Mínima	20,3	20,2	18,8	19,2	18,8

Letras quando iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Arranjos espaciais – 1: linhas simples 0,60 m; 2: linhas duplas 0,30x0,60 m; 3: linhas simples 0,45 m. Híbridos – 1: P30F53; 2: P1630. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

A diminuição da temperatura do ar nas linhas de 0,45 m pode ser compreendida segundo Gutierrez (2010), ao afirmar que em menores espaçamentos entre linhas

haverá mais interceptação de radiação solar pelo dossel das plantas, reduzindo o aquecimento do ar. Quando em espaçamentos maiores, a eficiência de interceptação de radiação solar pelo milho é menor, nesses casos a disponibilidade de energia para aquecimento do ar é maior.

Para o fator híbridos, não foi constatado mudança significativa para a temperatura do ar. Este resultado corrobora com aqueles encontrados por Gadioli et al. (2000) que ao avaliarem a soma térmica para diferentes híbridos de milho, não observaram diferença na temperatura média do dossel entre os materiais testados, mas sim na época de semeadura. Isso torna-se evidente na Figura 2 e a Tabela 3, demonstrando que a época do ano apresenta maior influência na temperatura do dossel de plantas quando comparado aos híbridos de milho.

O regime hídrico de um local, além de modificar a temperatura e umidade relativa do ar, também está diretamente ligado com as variáveis do solo, temperatura, umidade, fluxo de calor entre outros (MOURA; QUERINO, 2010).

Foi possível observar que houve grande amplitude nos valores de umidade do solo, principalmente nos períodos 1 e 4 (Figura 3). O período 2 comparativamente aos demais apresentou valores menores, podendo ser atribuído ao menor volume de chuvas ocorridas conforme tabela 3.

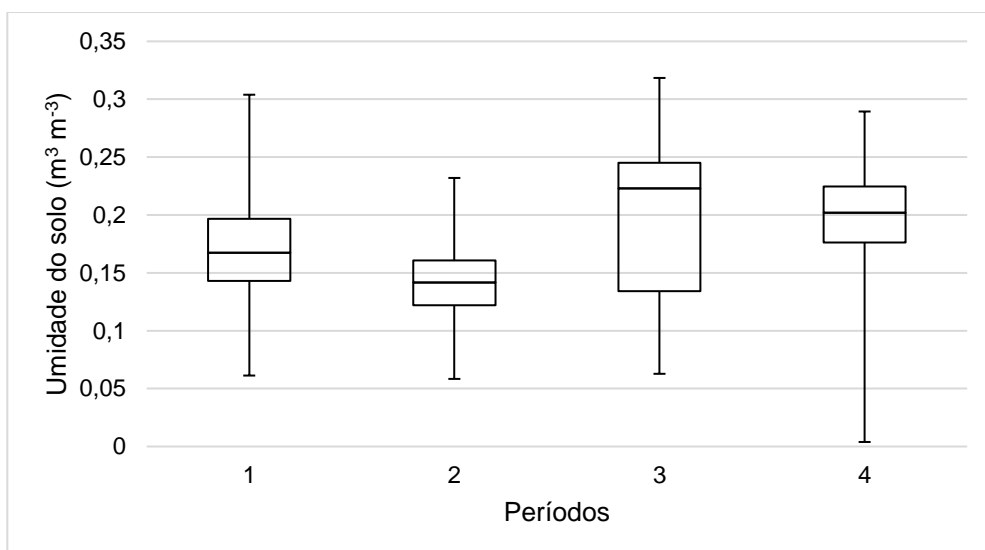


Figura 3 – Comportamento da umidade do solo à 5,0 cm de profundidade nos períodos de cultivo do milho. Períodos: 1- emergência até V12; 2- V12 até início de polinização; 3- polinização até grão leitoso (R3) e 4- grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.  
Fonte: O autor, 2017.

Isso destaca as conclusões de Cortez et al. (2015) e Torres et al. (2006) de que o regime de chuvas é um dos fatores mais importantes na umidade do solo, estando ambas variáveis diretamente correlacionadas. Porém, ambos autores destacam a importância da cobertura de solo para a retenção e redução das perdas de água por evaporação.

Essa constatação pode ainda ser observada nas tabelas 5 e 6 abaixo, onde, observa-se os maiores valores das médias de umidade de solo para o estágio fenológico entre polinização e grão leitoso. Nesse estágio é quando a cultura do milho apresenta seu máximo de área foliar e biomassa (NASCIMENTO et al., 2015).

Na tabela 5 abaixo é possível notar menores teores de umidade do solo nos estádios iniciais de desenvolvimento para o menor espaçamento entre linhas (0,45 m) e na fase de maturação para o maior espaçamento entre linhas (0,60 m).

O menor valor de umidade do solo para o período 4 pode ser compreendido segundo Modolo et al. (2010) ao afirmarem que em maiores espaçamentos entre linhas o solo está sujeito à maior incidência de radiação solar direta. Nesses casos há aceleração da perda de água do solo por evaporação.

Tabela 5 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) da umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ) entre os diferentes arranjos espaciais durante os períodos do ciclo Dois Vizinhos – PR, 2016.

Períodos	Arranjos espaciais		
	1	2	3
P1	0,23 $\pm$ 0,004 Aa	0,22 $\pm$ 0,004 Aa	0,21 $\pm$ 0,004 Ba
P2	0,19 $\pm$ 0,003 Aa	0,19 $\pm$ 0,004 Aa	0,19 $\pm$ 0,003 Aa
P3	0,25 $\pm$ 0,008 Aa	0,25 $\pm$ 0,008 Aa	0,24 $\pm$ 0,007 Aa
P4	0,24 $\pm$ 0,006 Ba	0,25 $\pm$ 0,005 Aa	0,25 $\pm$ 0,005 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Arranjos espaciais – 1: linhas simples 0,60 m; 2: linhas duplas 0,30x0,60 m; 3: linhas simples 0,45 m. Períodos – P1: emergência até V12; P2: V12 até início de polinização; P3: polinização até grão leitoso (R3) e P4: grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Contradiz à essa afirmação a redução no valor de umidade no período 1 para o menor espaçamento entre linhas. Porém, devido a irregularidade do relevo no local

do experimento e segundo a afirmação de Silva et al. (2015), é possível notar redução na umidade do solo em locais mais declivosos, devido à menor taxa de infiltração de água.

Na tabela 6 é possível observar redução no valor da umidade de solo no período 4 para o híbrido P30F53 quando comparado ao mesmo período para o híbrido P1630. Não houve diferença para os períodos dentro de um mesmo híbrido, discordando das observações de Torres et al. (2006). Os autores afirmam que ao final do ciclo, com a senescência das plantas e a redução da biomassa há diminuição no teor de umidade do solo.

Tabela 6 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) da umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ) entre os híbridos de milho durante os períodos do ciclo. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Períodos	Híbridos	
	P30F53	P1630
P1	0,22 $\pm$ 0,003 Aa	0,22 $\pm$ 0,003 Aa
P2	0,19 $\pm$ 0,003 Aa	0,19 $\pm$ 0,003 Aa
P3	0,25 $\pm$ 0,006 Aa	0,25 $\pm$ 0,006 Aa
P4	0,23 $\pm$ 0,004 Ba	0,27 $\pm$ 0,004 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Períodos – P1: emergência até V12; P2: V12 até início de polinização; P3: polinização até grão leitoso (R3) e P4: grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Em relação à velocidade do vento, foi notória a redução dos valores após o início do estágio de polinização da cultura do milho (Tabela 7). A partir do período 3 as plantas de milho sobrepuseram-se à altura de medição da velocidade do vento (2 m) promovendo barreira física ao deslocamento das massas de ar. Esse comportamento concorda com as observações de Bernardi et al. (2014), de que as vegetações cultivadas são capazes de modificar as variáveis agrometeorológicas somente após determinado período de crescimento.

Em relação ao arranjo espacial não foi possível observar variações padrões entre os períodos. No início do ciclo (período 1) o maior espaçamento entre linhas (0,6 m) apresentou os menores valores de velocidade do vento. Já durante o período de polinização à grão leitoso (período 3) o espaçamento de linhas duplas apresentou o

menor valor. Esse comportamento pode ser associado às afirmações de Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) de que o vento apresenta variabilidade e dinamicidade dentro de um mesmo dia.

Tabela 7 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) da velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ) entre os arranjos espaciais ao longo dos períodos do ciclo. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Períodos	Arranjos espaciais		
	1	2	3
P1	2,4 $\pm$ 0,2 Ba	2,7 $\pm$ 0,2 ABa	2,8 $\pm$ 0,2 Aa
P2	1,4 $\pm$ 0,1 Aa	1,4 $\pm$ 0,1 Ab	1,5 $\pm$ 0,1 Aa
P3	0,4 $\pm$ 0,1 Ab	0,2 $\pm$ 0,1Bc	0,4 $\pm$ 0,1 Ab
P4	0,3 $\pm$ 0,1 Ab	0,2 $\pm$ 0,1Ac	0,3 $\pm$ 0,1 Ab

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Arranjos espaciais – 1: linhas simples 0,60 m; 2: linhas duplas 0,30x0,60 m; 3: linhas simples 0,45 m. Períodos – P1: emergência até V12; P2: V12 até início de polinização; P3: polinização até grão leitoso (R3) e P4: grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Para a interação híbridos e arranjos espaciais (Tabela 8) foi observado que o híbrido P30F53 apresentou redução na velocidade do vento no espaçamento entre linhas de 0,45 m quando comparado ao híbrido P1630. Essa diminuição na velocidade do vento pode ser atribuída à morfologia do híbrido P30F53 que, por apresentar folhas mais prostradas e número de perfilhos, aumenta as barreiras físicas ao deslocamento do ar (SANGOI et al., 2011).

Nota-se também que o híbrido P1630 apresentou redução nos valores para o espaçamento de linhas duplas e linhas simples de 0,6 m. A presença de menor velocidade do vento nos maiores espaçamentos entre linhas discorda dos resultados obtidos por Kappes (2010) que não observou diferença entre os tratamentos de redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho.

Tabela 8 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) da velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ) entre os híbridos de milho nos diferentes arranjos espaciais. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Arranjos espaciais	Híbridos	
	P30F53	P1630
1	1,3 $\pm$ 0,1 Aa	1,3 $\pm$ 0,1 Ab
2	1,4 $\pm$ 0,1 Aa	1,3 $\pm$ 0,1 Ab
3	1,4 $\pm$ 0,1 Ba	1,6 $\pm$ 0,1 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Arranjos espaciais – 1: linhas simples 0,60 m; 2: linhas duplas 0,30x0,60 m; 3: linhas simples 0,45 m. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Outro elemento meteorológico, que por sua vez também é considerado fator condicionante de outras variáveis climáticas é a radiação solar ( $Q_g$ ) (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Para tal variável, o fator arranjo de plantas não foi capaz de alterar a capacidade dos híbridos de milho avaliados em interceptar radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa, porém, promoveram alteração no saldo de radiação do dossel de plantas. Tais resultados contradizem aqueles observados por Kunz et al. (2007) e Sangoi et al. (2011) que notaram aumento na interceptação da  $Q_g$  quando reduzido o espaçamento entre linhas de 0,8 para 0,4 metros e 1,0 para 0,4 metros, respectivamente.

Em contrapartida, os fatores período do ciclo e híbridos foram diferentes entre si após o início do estágio reprodutivo ( $P < 0,05$ ). Observa-se que no início do ciclo não há diferença entre os fatores, tanto para híbridos como períodos. Isso também foi constatado por Bernardi et al. (2014), de que nas fases iniciais de crescimento das culturas, estas não são capazes de alterar o microclima da lavoura.

A partir do momento que o dossel de plantas sobrepôs os sensores, o híbrido P30F53 foi capaz de reduzir tanto o valor de  $Q_g$  (Tabela 9) quanto de RFA (Tabela 10), ou seja, a cultura foi capaz de interceptar mais radiação quando comparada ao híbrido P1630. Por consequência ao aumento na interceptação, promoveu-se a redução no saldo de radiação, uma vez que ambas variáveis são diretamente ligadas.

Essa condição pode ser compreendida parcialmente devido ao ângulo de inserção e o número total das folhas entre os materiais. O P1630 é material resultante de processos de melhoramento genético mais atuais que o P30F53. Dessa maneira,

de acordo com Argenta et al. (2001), materiais de milho mais jovens tendem a apresentar menor ângulo de inserção e menor número de folhas em relação aos híbridos mais antigos. Logo, permitem maior passagem de luz para as regiões baixas da planta, exigindo aumentar a densidade populacional para compensar a interceptação de radiação.

Tabela 9 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) de radiação solar global ( $W m^{-2}$ ) entre os híbridos de milho ao longo dos períodos do ciclo Dois Vizinhos – PR, 2016.

Períodos	Híbridos	
	P30F53	P1630
P1	696,8 $\pm$ 21,4 Aa	728,6 $\pm$ 19,2 Aa
P2	746,1 $\pm$ 36,0 Aa	775,3 $\pm$ 35,0 Aa
P3	391,6 $\pm$ 34,0 Bb	540,1 $\pm$ 40,0 Aa
P4	353,3 $\pm$ 30,4 Bb	632,1 $\pm$ 35,5 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. P1: emergência até V12; P2: V12 até início de polinização; P3: polinização até grão leitoso (R3) e P4: grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Outra característica fenotípica do P30F53 que pode ser responsável pela maior eficiência na interceptação da radiação, tanto solar como fotossinteticamente ativa, é o hábito perfilhador do material. Segundo Sangoi et al., (2011) os perfilhos podem representar até 65% da área foliar total das plantas quando submetidas a baixas populações de 30 mil plantas por hectare.

Tabela 10 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) de radiação fotossinteticamente ativa ( $W m^{-2}$ ) entre os híbridos de milho ao longo dos períodos do ciclo

Períodos	Híbridos	
	P30F53	P1630
P1	435,8 $\pm$ 12,2 Aa	432,1 $\pm$ 11,8 Aa
P2	459,3 $\pm$ 21,7 Aa	435,1 $\pm$ 21,2 Aa
P3	192,9 $\pm$ 22,5 Bb	265,8 $\pm$ 23,3 Aa
P4	151,3 $\pm$ 32,2 Bb	338,3 $\pm$ 35,7 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. P1: emergência até V12; P2: V12 até início de polinização; P3: polinização até grão leitoso (R3) e P4: grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: Os autores, 2017.



Apesar de não apresentar diferença entre P3 e P4 (540,1 a 632,1 W m<sup>-2</sup>), o híbrido P1630 apresentou seu pico de interceptação de Qg quando estava com área foliar máxima (P3). Comportamento também observado para RFA, onde P3 foi estatisticamente superior em interceptação da radiação, cerca de 265,88 W m<sup>-2</sup>. Tal constatação encontra-se de acordo com Muller e Bergamaschi (2005), que observaram eficiência de interceptação da radiação solar no milho de praticamente 100% quando a cultura estava em estágio reprodutivo com índice de área foliar superior à 5:1.

Assim como propuseram Doorenbos e Pruitt (1975), o saldo de radiação pode ser calculado pela variação entre o Balanço de Ondas Longas (BOL) e o Balanço de Ondas Curtas (BOC). Ambos levam em consideração o valor de Qg, logo, quanto menor o valor de radiação solar obtido pelo sensor, haverá tendência em se reduzir a radiação líquida presente no dossel de plantas (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores médios (média ± erro padrão) de saldo de radiação (W m<sup>-2</sup>) entre os híbridos de milho ao longo dos períodos do ciclo. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Períodos	Híbridos	
	P30F53	P1630
P1	464,0 ± 4,9 Aa	465,5 ± 5,0 Aa
P2	399,4 ± 2,7 Aa	404,6 ± 2,5 Aa
P3	330,9 ± 8,3 Bb	339,1 ± 8,2 Aa
P4	290,4 ± 2,6 Bb	314,0 ± 2,8 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Períodos – P1: emergência até V12; P2: V12 até início de polinização; P3: polinização até grão leitoso (R3) e P4: grão leitoso até maturação fisiológica. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

A interação entre fatores foi praticamente a mesma para ambas variáveis, apresentando maior interceptação de Qg e RFA em P3 e P4, respectivamente, bem como promoveu a redução no valor de radiação líquida. O híbrido P30F53 não apresentou diferença entre P3 e P4 por apresentar seu ciclo mais longo que o P1630, promovendo menor velocidade de senescência foliar, mantendo-se fotossinteticamente ativo por mais tempo.

É possível notar correlação entre Qg e RFA para todos os tratamentos. Para os valores médios encontrados nas avaliações do experimento foi possível quantificar

RFA equivalente à 59,5% do valor de Qg. Tal situação pode ser comparada ao trabalho de Ferreira Jr et al., (2014) que compararam a eficiência do uso da radiação no milho considerando o valor de RFA como 44% do valor da radiação solar global.

O saldo de radiação, porém, não apresenta relação apenas com o valor de Qg. Para sua determinação a partir de cálculos são considerados os valores de temperatura e umidade relativa do ar, estando a primeira positiva e a segunda inversamente ligada (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Tendo isso em visto e observando-se a tabela 12 localizada abaixo, nota-se interação entre os fatores híbridos e arranjos espaciais, diferentemente de RFA e Qg.

Tabela 12 – Valores médios (média  $\pm$  erro padrão) de saldo de radiação ( $W m^{-2}$ ) entre os híbridos de milho nos diferentes arranjos espaciais. Dois Vizinhos – PR, 2016.

Arranjos espaciais	Híbridos	
	P30F53	P1630
1	386,1 $\pm$ 6,8 Aa	390,4 $\pm$ 6,8 Ab
2	382,2 $\pm$ 7,1 Ba	387,8 $\pm$ 6,7 Ab
3	385,0 $\pm$ 7,2 Ba	400,0 $\pm$ 6,5 Aa

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Arranjos espaciais – 1: linhas simples 0,60 m; 2: linhas duplas 0,30x0,60 m; 3: linhas simples 0,45 m. Dois Vizinhos, PR – 2017.

Fonte: O autor, 2017.

Para o híbrido P30F53 não foram constatadas diferenças na radiação líquida, possivelmente pela sua morfologia que, independentemente do espaçamento, não permitiu alterações nos valores de temperatura e umidade relativa do ar. O híbrido P1630 apresentou saldo de radiação sempre superior ao P30F53 em todos os arranjos espaciais estudados. Essa constatação segue os valores observados na tabela 9 que, devido sua morfologia, o híbrido P1630 permitiu maior passagem de radiação solar até o sensor SP 212 (Apogee).

A interação entre o híbrido P1630 e o menor arranjo espacial de plantas (0,45 m) apresenta-se com o maior valor de Rn (400,0  $W m^{-2}$ ). Esse valor contradiz os resultados de Gutierrez (2010) e Silva (2009), de que em espaçamentos reduzidos entre linhas há maior interceptação e, conseqüentemente, menor radiação líquida.

## 7 CONCLUSÕES

Os híbridos e arranjos espaciais não foram capazes de provocar mudanças nos valores de umidade relativa do ar e temperatura do solo à 5 cm de profundidade.

A temperatura do ar apresenta diminuição em espaçamentos entre linhas reduzidos, porém, o decorrer das estações do ano são mais influentes na alteração desses valores.

O desenvolvimento da cultura do milho promove a redução da velocidade do vento no interior do dossel de plantas.

O fator arranjo de plantas foi pouco influente no comportamento dos componentes agrometeorológicos radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa.

O híbrido P30F53 foi mais eficiente na absorção de Qg e RFA que o híbrido P1630.

O saldo de radiação foi maior para o híbrido P1630 devido à maior passagem de radiação para o interior do dossel.

Durante as fases iniciais de desenvolvimento das plantas os componentes meteorológicos sofreram pouca influência, somente a partir do estágio de polinização notam-se mudanças significativas. No início da senescência das plantas estas passam a exercer menos influência no comportamento dos aspectos biometeorológicos de híbridos de milho.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; BURMAN, R.D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 650 - 662, 1989.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**.v. 22, p.711-728, 2013.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; NETO, V. B. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.
- BALBINOT JR, A. A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.3, p. 415- 421, 2005.
- BALEM, Z. **Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.
- BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.
- BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2014. 596 p.
- CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 87-95, 2016.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 126 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 5, safra 2017/18, n.1 – primeiro levantamento, out. 2017.

Disponível em:<

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_10\\_16\\_16\\_34\\_39\\_graos\\_o\\_utubro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_16_16_34_39_graos_o_utubro_2017.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2017.

CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. de J.; OLSZEWSKI, N.; FILHO, A. P. P.; SOUZA, E. B. de. Umidade e temperatura de Argissolo amarelo em sistemas de preparo e estádios de desenvolvimento do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 669-710, 2015.

DOORENBOS, J.; PRUITT, T. **Las necesidades de água de los cultivos**. Roma: FAO, 1975. 194 p.

DUPONT. **Híbridos de milho: 30F53**. PIONEER, 2017. Disponível em:<  
<http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f53>>.  
Acesso em 25 out. 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa - SPI, 2006.

FERREIRA JR, R. A.; SOUZA, J. L. de.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; SOUZA, R. C. de.; NETO, R. A. de. A. Eficiência do uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 322-328, 2014.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra mundial de milho 2015/16**. Informativo DEAGRO – 8º levantamento do USDA. Dez. 2015. Disponível em:< [http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/boletim\\_milho\\_dezembro2015/](http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/boletim_milho_dezembro2015/)>. Acesso em: 15 jan. 2016.

GADIOLI, J. L.; NETO, D. D.; GARCÍA, A. G. y; BASANTA, M. V. del. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.377-383, 2000.

GUTIERREZ, M. A. **Microclima E Características Agronômicas Em Diferentes Espaçamentos E Populações Na Cultura Do Milho**. 2010. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2010.

- KAPPES, C. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de pós-graduação em agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2010.
- KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MALUF, J. R. T. Evapotranspiração da cultura do milho: I-Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 9-14, 1998.
- MIOTTO Jr, E. **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas**. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M., TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.
- MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. 530 p.
- MOURA, M. A. L.; QUERINO, C. A. S. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 296-302, 2010.
- MULLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes Disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.
- NASCIMENTO, F.N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; JÚNIOR, A. S. A.; RIBEIRO, V. Q. Parâmetros fisiológicos e produtividade de espigas verdes de milho sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 167-181, 2015.

PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; COSTA, J. M. N. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-19, 2005.

PIONEER. **Híbridos de milho: 30F53VYHR**. DUPONT, 2017 a. Disponível em:< <http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f35vyhr>>. Acesso em 25 out. 2017.

PIONEER. **Híbridos de milho: P1630H**. DUPONT, 2017 b. Disponível em:< <http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/p1630h>>. Acesso em 25 out. 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

R CORE TEAM. **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2014.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F. da; SCHIMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. de. Perfilhamento, área foliar, e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011.

SILVA, A. A. F. da; SOUZA, J. A. R. de; CARVALHO, W. B. de; MENDONÇA, R. B.; MOREIRA, D. A. Distribuição da umidade do solo num sistema irrigado por gotejamento superficial com diferentes inclinações do terreno. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 3, p. 261-269, 2015.

SILVA, M. A. V. **Interações Entre Microclima, Parâmetros De Crescimento Da Planta e Informações Espectrais Em Cultivo De Milho Irrigado Sob Plantio Direto**. 2009. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SBCS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Comissão Química e Fertilidade Do Solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I. Influência De Plantas De Cobertura Na Temperatura E Umidade Do Solo Na Rotação Milho-Soja Em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 107-113, 2006.

TURAZZI, E.; FELDMANN, N. A.; MÜHL, F. R.; RHODEN, A. C.; BALBINOT, M.; ANSOLIN, L.; PAVAN, D. Desempenho de híbridos de milho em diferentes espaçamentos de semeadura. **Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, Itapiranga, n. 1, 2016.

WEISMANN, M. **Fases de desenvolvimento da cultura do milho**. Tecnologia e Produção – Culturas: Safrinha e inverno, Fundação MS, 2007.