

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
DECLIVIDADE DO SOLO E EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO
SOLAR**

**Aislan de Oliveira Aguiar
Engenheiro Agrônomo**

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
DECLIVIDADE DO SOLO E EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO
SOLAR**

Aislan de Oliveira Aguiar

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2023

A282d

Aguiar, Aislan de Oliveira

Desenvolvimento do milho em função da declividade do solo e exposição à radiação solar. / Aislan de Oliveira Aguiar. -- Jaboticabal, 2023

58 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: José Eduardo Pitelli Turco

1. Milho. 2. Radiação solar. 3. Declividade do terreno. 4. Desenvolvimento vegetativo. 5. Produtividade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

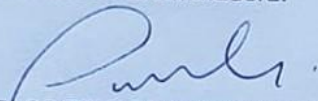
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO SOLO E EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR

AUTOR: AISLAN DE OLIVEIRA AGUIAR

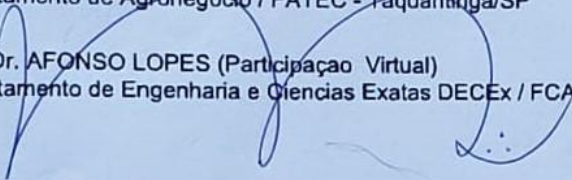
ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

COORIENTADOR: JOSÉ EDUARDO PITELLI TURCO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas DECEX / FCAV UNESP Jaboticabal


Prof. Dr. FABIO ALEXANDRE CAVICHIOLI (Participação Virtual)
Departamento de Agronegócio / FATEC - Taquaritinga/SP


Prof. Dr. AFONSO LOPES (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas DECEX / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de janeiro de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Aislan de Oliveira Aguiar, nascido em Ribeirão Preto/SP, em 26 de abril de 1987, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual Paulista (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal) em fevereiro de 2007. Já neste ano, ingressou como estagiário no departamento de Tecnologia da mesma universidade, auxiliando trabalhos de utilização de extrato pirolenhoso nas culturas do milho, cana e soja sob a orientação do Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta e co-orientação do Prof. Dr. César Martorelli da Silveira. De 2008 a 2009, foi bolsista pelo programa de bolsas de extensão universitária da reitoria da Unesp (Arex), sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, com projeto intitulado de Rede Pública na Universidade, com o objetivo de incentivar alunos da rede de escolas públicas de Jaboticabal a buscarem o vestibular da Unesp a fim de se tornarem alunos ingressantes na universidade. De 2009 a 2011, foi bolsista CNPq sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e co-orientação do Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli em trabalho com o tema: Consórcio de culturas (milho e braquiária) dentro do sistema plantio direto (SPD). Em 2011, finalizou as atividades acadêmicas, cumprindo estágio curricular obrigatório, atuando no desenvolvimento de produtos na cultura da soja pela empresa IHARA no estado do MT. Assim, no ano de 2012, após cumprir todas as exigências do curso de graduação, obteve seu título de Engenheiro Agrônomo. Após a graduação, iniciou sua vida profissional na Prodap em projeto de consultoria em gestão agropecuária; depois, durante 5 anos, atuou como coordenador agrícola na Usina Santa Adélia S/A. De 2018 a 2020, foi líder de projeto de gestão e sustentabilidade pela Orplana, posteriormente assumindo cargo de Especialista em Agricultura Digital na Yara Fertilizantes (atual). Nesse período, ingressou no mestrado em Ciência do Solo na Unesp (FCAV) em Jaboticabal, com o objetivo de aprimorar os conhecimentos agronômicos somados à experiência profissional adquirida até o momento para que estes, em conjunto, possam contribuir para propagar novas tecnologias e aprendizados com produtores rurais e demais profissionais do setor, aumentando sua contribuição para com o agronegócio brasileiro.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente à minha avó e segunda mãe, Izaltina Ricci de Oliveira (*in memoriam*), que cuidou de mim desde pequeno e que sempre me aconselhava a me aprofundar nos estudos e buscar o conhecimento como virtude para me tornar uma pessoa melhor. Vou continuar minha trajetória lembrando do que me dizia e passar adiante tudo que me ensinou.

À minha esposa, Bruna Viola, que me apoiou em todos os momentos em que tive vontade de desistir do mestrado por conta das dificuldades de ter que conciliá-lo com a rotina de trabalho e que ainda me ajudou no trabalho braçal de campo na montagem e condução do experimento. Muito obrigado por ser essa mulher companheira e empática e por me compreender e me aceitar como eu sou.

Aos meus pais, Helcio de Aguiar e Gislaine de Oliveira, que fizeram todo esforço de me pagarem ótimas escolas e colocarem minha educação em primeiro lugar na vida deles. Isso foi muito importante para que eu trilhasse o caminho, ingressando numa faculdade pública, e para chegar onde cheguei até este momento.

À minha irmã, Stéfany de Oliveira Aguiar, que batalha assim como eu com a base na educação e no conhecimento, aperfeiçoando-se como enfermeira e dedicando ao trabalho na busca de crescimento profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador e ao co-orientador deste trabalho, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, pela paciência e pela confiança de conceder a mim a responsabilidade de compartilhar um trabalho e uma experiência acadêmica que contribuiu para minha evolução profissional.

Aos amigos de faculdade e república Kaio Cuoghi e Felipe Sabadini, que me incentivavam desde o término da graduação a ingressar no mestrado para que eu continuasse minha vida acadêmica com obtenção de mais títulos e conhecimento.

Ao amigo e padrinho de casamento, Vitor de Lucca que ajudou incansavelmente nas etapas de semeadura e manejo de plantas daninhas “capina manual” debaixo de sol durante alguns fins de semana.

Ao Otávio Henrique da Silva e Luiz Citrângulo, alunos da graduação que me ajudaram na montagem, condução, colheita e obtenção dos dados do experimento. Esse trabalho é de vocês. Sem a participação ativa de vocês não teria como ter concluído tudo a tempo.

Aos amigos e colegas do LAMMA (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola) da UNESP Jaboticabal, Jean, Marcelo, Túlio, Jamile, Eduardo e Bruno pela força e apoio no trabalho de montagem e condução do experimento. E à Yara Karine pela ajuda em rodar a estatística dos dados coletados.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	Cultura do milho	3
2.2	Temperatura.....	7
2.3	Luz e Radiação solar	8
2.4	Declividade e exposição do terreno.....	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1	Caracterização do local do experimento	11
3.2	Delineamento experimental.....	12
3.3	Semeadura e manejo inicial da cultura.....	14
3.4	Variáveis climatológicas	15
3.5	Avaliações fitotécnicas	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1	Resultados climatológicos	22
4.2	Resultados Fitotécnicos do Milho	25
4.2.1	Fator Declividade no desenvolvimento do milho	27
4.2.2	Fator Exposição no desenvolvimento do milho	29
4.2.3	Interação Declividade (D) e Exposição (E)	29
5	CONCLUSÕES	34
6	REFERÊNCIAS	35

DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO SOLO E EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR

RESUMO – Entre os diversos fatores que alteram o desenvolvimento das culturas no campo, para o milho, pode-se destacar a disposição das plantas na lavoura e a quantidade de radiação a que está submetida. Com este estudo, o objetivo foi avaliar o efeito da variação da declividade do terreno e exposição à radiação solar no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho. O experimento foi conduzido na safra 2021/2022 no município de Jaboticabal, SP, Brasil, na FCAV/UNESP, em estrutura de superfícies que simulam diferentes condições de exposições e declividades. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x4 com três repetições, sendo seis declividades (0,10,20,30,40 e 50%) e quatro exposições (Norte, Sul, Leste e Oeste). Foram avaliados componentes fitotécnicos da cultura: altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmos, matéria seca de planta e produtividade de grãos. Houve interação significativa entre declividade e exposição para os parâmetros altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo e matéria seca da parte aérea. Para a produtividade do milho, não houve interação entre declividade e exposição. Porém, analisando este parâmetro dentro das declividades estudadas, observou-se maiores valores nas de 0 e 30%, se diferenciando estatisticamente das declividades de 40 e 50%, que apresentaram as menores produtividades. Referente a exposição à radiação solar, houve diferença significativa de produtividade na exposição Sul, sendo o maior entre os tratamentos.

Palavras-chave: cultivo em superfícies; radiação fotossinteticamente ativa; desenvolvimento vegetativo; produtividade.

MAIZE DEVELOPMENT AS A FUNCTION OF SOIL SLOPE AND EXPOSURE TO SOLAR RADIATION

ABSTRACT – Among the various factors that affect the development of crops in the field, for maize, the arrangement of plants in the crop and the amount of radiation to which it is subjected can be highlighted. With this study, the objective was to evaluate the effect of the interaction between terrain slopes and exposure to solar radiation on the development and productivity of corn under each of the surface conditions. The experiment was carried out in the 2021/2022 harvest in the municipality of Jaboticabal, SP, Brazil, at FCAV/UNESP, in a surface structure that simulates different conditions of exposure and slopes. The design used was completely randomized, in a 6x4 factorial scheme with three replications, with six slopes (0,10,20,30,40 and 50%) and four exposures (North, South, East and West). Phytotechnical components of the crop were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, plant dry matter and grain yield. There was a significant interaction between slope and exposure for plant height, corn cob insertion height, stem diameter and shoot dry matter. For the maize yield, there was no interaction between slope and exposure. However, analyzing this parameter within the slopes studied, higher values were observed in those of 0 and 30%, differing statistically from the slopes of 40 and 50%, which presented lower yield. Regarding exposure to solar radiation, there was a significant difference in yield values in southern exposure, being the highest between the treatments.

Keywords: tillage on surfaces; photosynthetically active radiation; vegetative development; yield.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Países produtores de milho, em milhões de toneladas (FIESP, 2023).....	4
Tabela 2. Ranking dos dez maiores estados produtores de milho no Brasil (Conab, 2022).	5
Tabela 3. Dados do resultado da análise química do solo amostrado (Fonte: DMLab)	12
Tabela 4. Valores do coeficiente da cultura do milho (Kc) descritos por Penman-Monteith (FAO, 1998).....	17
Tabela 5. Valores médios de altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, matéria seca da parte aérea e produtividade.....	26
Tabela 6. Valores obtidos para os parâmetros de número de fileiras, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade	27
Tabela 7. Valores obtidos para o desdobramento de altura de plantas (cm)	31
Tabela 8. Valores obtidos para o desdobramento de altura de inserção da espiga (cm)	31
Tabela 9. Valores obtidos para o desdobramento de diâmetro de colmo (mm)	32
Tabela 10. Valores obtidos para o desdobramento da matéria seca (kg.ha ⁻¹)	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volume de produção de milho em relação à área plantada no Brasil. Média de 5 safras (Conab, 2022).....	6
Figura 2. Vista aérea da área experimental (Fonte: Google Maps)	13
Figura 3. Esquema ilustrativo da parcela experimental	13
Figura 4. Superfícies dispostas nas orientações Leste/Oeste. Oeste: superfícies do lado direito e Leste: superfícies do lado esquerdo	15
Figura 5. Superfícies expostas nas orientações Norte/Sul. Norte: superfícies do lado direito e Sul: superfícies do lado esquerdo	15
Figura 6. Avaliação dos parâmetros de desenvolvimento da cultura do milho (estande final, altura de plantas e inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo)	19
Figura 7. Parcela experimental (lado esquerdo) e remoção das plantas da parcela útil antes de serem pesadas e levadas para estufa (lado direito)	20
Figura 8. Contagem do número de fileiras e grãos por fileira de cada espiga das plantas coletadas dentro da parcela útil.	21
Figura 9. Valores de radiação global e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) recebida em função dos tratamentos (declividade x exposição)	22
Figura 10. Gráfico da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), contendo as médias mensais em relação aos tratamentos.....	23
Figura 11. Distribuição da precipitação pluviométrica no período de Dezembro de 2021 a Março de 2022	24
Figura 12. Imagem de satélite da área experimental (Fonte: Atfarm)	24
Figura 13. Distribuição da temperatura no período de dezembro de 2021 a março de 2022	25

1 INTRODUÇÃO

O milho é considerado depois da soja, a cultura de grão mais cultivada no Brasil, contando com uma área de 20,9 milhões de hectares, 112,9 milhões toneladas e apresentando produtividade média de 5.391 kg.ha⁻¹ (Conab, 2022a). Números superiores quando comparados à safra passada. Isso evidencia melhorias gerais no manejo realizado pelos produtores, com emprego de maior tecnologia desde à escolha das sementes frente ao ambiente de produção, como às demais técnicas agronômicas que influenciam na minimização dos riscos de perdas e maximização da produtividade.

Em áreas de exploração agrícola, a declividade do terreno está intimamente ligada ao fator limitante de uso da terra. Os níveis de declividade, por sua vez, se relacionam com a permissividade e intensidade de uso, no qual somam-se fatores edafoclimáticos que exercem contribuição de influência, condicionando o grau de desenvolvimento das culturas (Moreira e Valeriano, 2013). A variação de declividade exerce papel na radiação solar recebida durante o ciclo de uma cultura. Além da radiação, outros fatores como a precipitação e temperatura somados aos parâmetros físico-químicos do solo (disponibilidade hídrica e nutrientes) podem estar correlacionados ao desenvolvimento das plantas (Oliveira et al., 2020).

As características do dossel da cultura, bem como a eficiência dos processos fisiológicos são influenciadas pelos elementos do microclima (radiação, temperatura, vento e umidade) e definem a quantidade de foto-assimilados que a planta produz (Romano, 2005). Desse modo, informações estratégicas como a topografia do terreno quando combinadas com dados climatológicos podem fornecer tecnologias de manejo acessíveis e benéficas ao produtor rural (Brunini e Turco, 2016).

Para o milho, a faixa ideal de temperatura do ar é entre 10 °C e 30 °C para o bom desenvolvimento, sendo que existe uma variação entre os estádios fenológicos a medida em que a planta se desenvolve. Abaixo de 10 °C, cessa-se o crescimento e acima de 30 °C é possível obter perdas da produtividade de grãos, uma vez que para essas duas condições, tem-se desfavorecimento nos

processos metabólicos da planta que restringe o alcance de bons resultados. A temperatura e umidade relativa do ar são fatores condicionantes para nortear a demanda hídrica da cultura, onde essas, quando muito baixas podem elevar o consumo de água pelas plantas, chegando-se na casa dos 10 mm/dia (Cruz et al., 2014).

Sánchez et al. (2014) observaram analisando cerca de 140 artigos científicos sobre a determinação dos principais limites e reposta aos efeitos extremos da temperatura, que a fase de antese e pré-maturação foram as fases mais sensíveis em relação a variação da temperatura.

O milho é bastante exigente do ponto de vista de necessidade hídrica, com demanda média durante o ciclo em torno de 600 mm, podendo ser alocado em ambientes que tem disponibilidade desde 250 mm até 5000 mm anuais. A planta consome nos estádios iniciais cerca de 2,5 mm/dia, apresentando-se mais elevada nos períodos pós-florescimento, durante o enchimento de grãos e antecedente à maturação (5 a 7,5 mm) (Cruz et al., 2006).

Cada momento dentro do ciclo fenológico, tem sua importância contribuindo para o bom desenvolvimento. No período vegetativo, a água torna-se essencial para alongamento e divisão celular, estimulando o crescimento em altura, emissão de folhas, expansão de área foliar e diâmetro de colmo. Características essas, que irão influenciar na arquitetura da planta e no processo de captação de energia para aumentar a capacidade fotossintética. No florescimento e fases seguintes a cultura praticamente define seu potencial produtivo, onde a disponibilidade hídrica favorece a polinização e fecundação embrionária e posteriormente a translocação de foto-assimilados na fase de enchimento, garantindo uma boa produção dos grãos.

Estudos envolvendo a cobertura vegetal com outras culturas, demonstram diferenças de quantidades de radiação solar em superfícies com variação de declividades entre exposições solares (norte-sul e leste-oeste) (Coan et al., 2012).

A aplicação das relações do solo com a declividade da área, torna-se uma ferramenta importante para a identificação de zonas de manejo, onde, por meio da variabilidade do terreno é possível encontrar respostas mais assertivas para

o produtor tomar as melhores decisões sobre como atuar na propriedade (Sanchez et al., 2012). Essa análise, auxilia no planejamento desde a seleção de qual cultura implantar numa determinada área até o nível de operacionalização em termos de mecanização, tratamentos culturais e sistemas de colheita.

Diante do exposto sobre a importância dos fatores climatológicos essenciais ao desenvolvimento da cultura, destaca-se a importância e objetivo com o presente trabalho: verificar a influência da variação da declividade de superfícies em relação à exposição solar no desenvolvimento da cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea Mays* L.) pertence à família Poaceae, cultivada em várias regiões do mundo (EUA, China, Índia, França, Brasil, África do Sul, etc.) devido à sua adaptabilidade e melhoramento genético realizado, permitindo o cultivo desde climas subtropicais, temperados a tropicais. Em relação ao destino, possui diversas finalidades, podendo suprir a alimentação animal e humana, aproveitando-se toda a planta (silagem) ou somente os grãos como fonte de proteína (Andrade e Brito, 2006).

O cultivo ocorre em dois períodos, primeira safra (safra de verão) e segunda safra (safrinha). O de verão acontece em praticamente todas as regiões no período chuvoso podendo ser mais antecipado na região Sul e um pouco mais tardio nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (meados de outubro/novembro). Já a safrinha, em condições de sequeiro, é semeada dentro do período de janeiro a no máximo abril, dependendo do regime pluviométrico e predominantemente após a cultura da soja nas regiões Centro-Oeste, São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Dentro desse cenário da safrinha, tem-se observado aumento da área plantada nos últimos anos em função do aprimoramento do sistema de rotação de culturas, resultando em maiores produtividades no decorrer dos ciclos (Mantovani et al., 2015).

O grão como principal produto a ser comercializado, lidera o ranking entre as três principais commodities de todo o volume de grãos produzido globalmente. Contando com o total de 1,2 bilhões de toneladas, seguido pelo arroz (787 milhões de toneladas) e soja com 371 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2022).

Em relação a produção mundial, de acordo com relatório da FIESP (2023), dois países representam mais de 50% do volume produzido, que são respectivamente EUA com 383,9 milhões de toneladas e China com 272,6 milhões de toneladas (Tabela 1).

Ainda com base no mesmo relatório, usando como referência dados do Primeiro levantamento do USDA para a safra 22/23, o Brasil encontra-se como terceiro maior produtor do mundo após EUA e China e seguido pela Ucrânia (Tabela 1).

Tabela 1. Países produtores de milho, em milhões de toneladas (FIESP, 2023)

Países	Safras		Variação
	21/22	22/23	(%)
EUA	383,9	367,3	-4,3
China	272,6	271	-0,6
Brasil	116	126	8,6
Ucrânia	42,1	19,5	-53,7
Demais	401	396,9	-1,0
Mundo	1.215,6	1180,7	-2,9

Analisando a Tabela 1 acima, pode-se observar que o Brasil foi o único país que apresentou crescimento do volume produzido em relação a última safra (8,6%). O maior decréscimo, observado pela Ucrânia (-53,7%), tem relação direta com o conflito geopolítico com a Rússia. No caso dos EUA, o recuo de 4,3% se deve na estimativa de uma safra atual de menor área plantada e produtividade mais baixa em decorrência de fatores climáticos.

Tais reduções na produção, para suprir o consumo mundial liderado pelos EUA, China e União Européia (UE), foram compensados pelos aumentos dos volumes pelo Brasil e Argentina. Este último, que apesar de não aparecer no

ranking dos maiores produtores, é o terceiro maior país exportador do grão no mundo.

No Brasil, de acordo com a Conab (2022b), a cultura é representada por uma área de mais de 22,3 milhões de hectares (acrécimo de 3,4% em relação à safra anterior), correspondendo a um volume de produção de mais de 126 milhões de toneladas (acrécimo de 12% em relação à safra anterior) e produtividade média de 5.662 kg.ha⁻¹ (acrécimo de 8,3% em relação à safra anterior).

A nível regional, o maior volume de produção se concentra no Centro-Oeste, seguido pela região Sul e Sudeste. Essa classificação é retrato dos estados mais produtores estarem nessas regiões, podendo-se observar pela tabela 2 a lista dos 10 que representam os maiores volumes dentro do país.

Tabela 2. Ranking dos dez maiores estados produtores de milho no Brasil (Conab, 2022).

Região (UF)	Produção (Em mil t)		
	Safra 21/22	Safra 22/23	VAR. %
MT	41.620,1	44.585,3	7,1
PR	16.421,6	19.158,0	16,7
GO	9.744,6	12.885,3	32,2
MS	12.460,3	11.159,3	(10,4)
MG	7.682,6	8.923,5	16,2
RS	2.900,8	5.127,9	76,8
SP	4.329,9	4.196,2	(3,1)

A nível nacional, neste ano de 2022 (safra 22/23), em relação às últimas safras, observa-se superávit de produção em relação a área plantada (Figura 1).

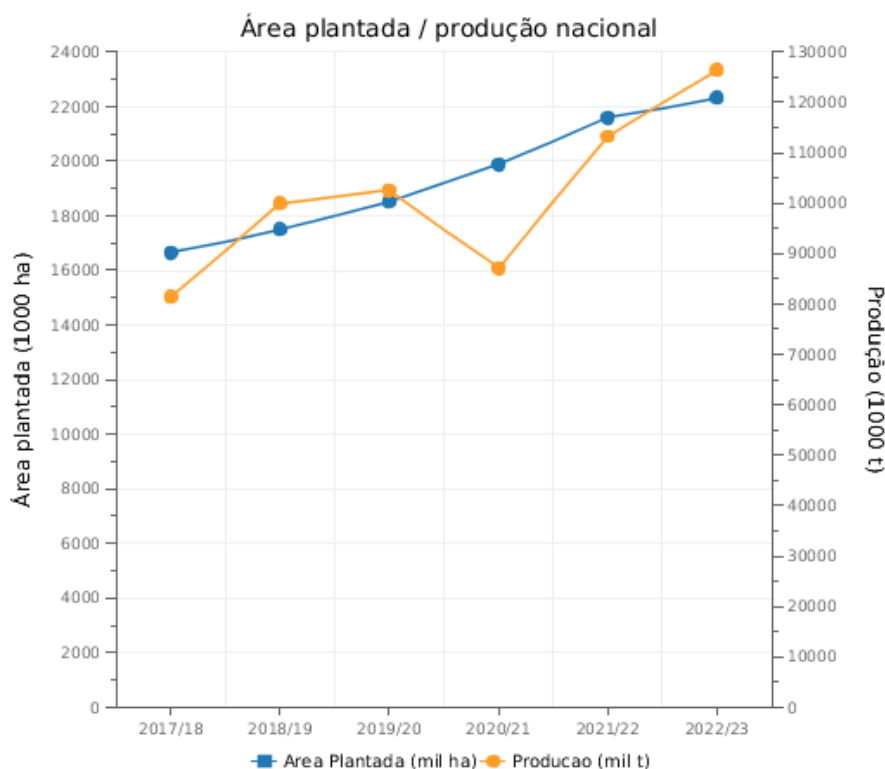


Figura 1. Volume de produção de milho em relação à área plantada no Brasil. Média de 5 safras (Conab, 2022)

Essa evolução demonstra o avanço de adoção de novas tecnologias, desde a qualidade de sementes advindas do melhoramento genético a práticas de manejo que visam na otimização dos recursos disponíveis buscando pela maximização dos resultados produtivos. De acordo com Mantovani et al. (2015), fica evidente a profissionalização dos produtores que vem ocorrendo, com destaque ao apoio técnico de consultores e extensionistas, bem como o alto nível e volume de informações que são geradas pelos participantes do setor produtivo do agronegócio. Isso desperta o apoio e interesse de empresas e instituições a trabalhar conjuntamente com entidades de pesquisa no aperfeiçoamento das tecnologias para que sejam aplicáveis a campo e disponibilizadas de forma viável aos produtores.

2.2 Temperatura

A temperatura é um dos fatores de produção que mais afeta o desenvolvimento do milho, a qual exerce influência desde a germinação à fase reprodutiva. Faixas de temperatura do solo consideradas ótimas para a germinação estão entre 25 a 30 °C (Andrade, 2006).

De acordo com Embrapa (2004), a temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura desde a germinação à maturação deve estar próxima dos 25 °C.

Cruz et al. (2010), observaram melhor desempenho em produção de grãos e matéria seca em temperaturas na faixa de 21 °C. Um fator influenciador que está conectado com a temperatura são os graus dias (GD), pois o milho necessita acumular quantidades calóricas em cada estágio do ciclo. Quando há elevadas temperaturas num determinado período, isso pode ocasionar uma aceleração no acúmulo de graus dias (GD) e que pode reduzir o ciclo da cultura e consequentemente afetar a produção.

Na média entre as cultivares mais plantadas, o milho apresenta exigências térmicas da ordem de 890 – 1200 GD (graus dias). Este parâmetro é indicador do acúmulo térmico ao longo do ciclo de desenvolvimento, que pode ser utilizado para definição das transições entre as fases fenológicas e tem forte relação com a radiação solar incidente e estimativa de produtividade pela cultura. Portanto, para alcançar o máximo do potencial produtivo, o acúmulo térmico dentro de cada fase se torna essencial para que a planta possa desempenhar as atividades metabólicas com qualidade e de forma mais eficiente (Schöffel e Volpe, 2002).

No período noturno, que apesar de em geral apresentar temperaturas mais amenas, Fancelli e Dourado Neto (1997) observaram que noites com temperaturas do ar superiores a 24 °C gerou maior consumo energético pela cultura em função do aumento da respiração celular, resultando em menor saldo de fotoassimilados. Consequentemente, menores índices de área foliar, redução do ciclo e menor produtividade de grãos.

Grossi et al. (2011), concluíram que altas temperaturas noturnas reduzem a produção, pois além da planta continuar respirando, há interrupção da

fotossíntese, aumentando o consumo de produtos metabólicos produzidos durante o dia. A temperatura, no entanto, deve oscilar entre 10 a 30 °C, onde tanto abaixo quanto acima desses limites podem resultar em decréscimo do desenvolvimento e produtividade da cultura.

2.3 Luz e Radiação solar

O milho, por ser uma planta pertencente ao grupo das “C4” tem alta resposta em função do aumento da intensidade luminosa, portanto, é caracterizada por ser uma planta de dias curtos. Sendo assim, um cenário com dias longos (maior fotoperíodo) pode estimular a emissão de folhas, aumentando a duração do período vegetativo com consequente redução de produtividade em virtude do desvio de fotoassimilados pela planta para estimular o desenvolvimento dessas estruturas (Fancelli, 2015).

Segundo Cruz et al. (2006), cerca de 90% da matéria seca do milho é proveniente da fixação de CO₂ através da fotossíntese. Pela cultura ser altamente eficiente no aproveitamento da luz, alguma redução que haja da ordem de 30 a 40% da intensidade luminosa é capaz de promover atraso na maturação dos grãos com consequente queda na produção. Evidenciando o quão importante é o processo de absorção de luz pelo milho para que atinja seu máximo potencial produtivo.

A radiação solar é a energia luminosa proveniente do sol emitida por ondas eletromagnéticas, ao mesmo tempo que provedora de luz, se constitui também na principal fonte de calor para o planeta Terra e principal protagonista da fotossíntese. Com isso, a radiação solar torna-se essencial no entendimento dos processos e relações físicas, químicas e biológicas na biosfera, sobretudo nos sistemas agrícolas de produção (Andrade et al., 2014).

Nem toda radiação solar emitida é absorvida e utilizada pela planta. Do total da radiação que chega na superfície, parte é refletida, outra é absorvida e parte é transmitida. Tal energia atinge a superfície vegetal e solo com diferentes níveis de intensidade e que são variáveis de acordo com a estrutura do dossel (Norman e Campbell, 1989).

Para o milho, observa-se que a influência da radiação é dependente também de outros fatores como a densidade populacional, espaçamento e a própria arquitetura da planta como o arrançamento, quantidade e o ângulo de inclinação das folhas em relação à luz incidente. Tais fatores, em conjunto, tem papéis determinantes na produtividade de grãos (Maddonni et al., 2001).

A interceptação da luz pela cultura está relacionada de forma exponencial com o IAF (índice de área foliar), de acordo com estudos de Hipps et al. (1983) e Jones e Kiniry (1986). Por sua vez, a eficiência fotossintética depende então da taxa de fotossíntese por unidade de área, ou seja, quanto mais folhas ou maior for a área foliar das folhas existentes nas plantas, resultará em um dossel mais eficiente na conversão da luz em energia a ser aproveitada pela cultura. Portanto, tem-se as características de altura e arquitetura das plantas disponíveis nos materiais vegetais comercializados que combinados com a escolha da densidade de semeadura, podem ser selecionados para obtenção de melhor aproveitamento da luz incidente e consequente mais produtividade, uma vez que as condições de nutrição e disponibilidade hídrica ou a existência de estresses bióticos e abióticos estejam devidamente controlados e padronizados (Gosse et al., 1986).

Estudo comparativo para fins de produção de sementes de milho, entre épocas de semeadura, obteve como resultados 60% a mais na produtividade e maior rendimento de beneficiamento quando semeado em março em relação ao período de semeadura em outubro. Fato explicado pelos autores que na semeadura ocorrida em outubro, o milho teve seu enchimento de grãos em janeiro, mês este, que apresentou dias frequentes com presença de nuvens e chuvas durante o dia. Ou seja, menor radiação fotossinteticamente ativa (RFA), que se traduz na energia utilizada pela planta no processo da fotossíntese.

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) proveniente do inglês PAR (Photosynthetically active radiation), compreende a zona espectral de radiação solar dentro da faixa de 400 a 700 nm, que é utilizada pelo aparato fotossintético para conversão de fotoassimilados que serão direcionados para síntese estrutural e metabólica necessária para o crescimento, desenvolvimento, respiração e armazenamento da energia despendida pela planta para que tenha

como resultado a biomassa e a produção de grãos desejada (Nwokolo et al., 2018).

Estudo realizado por Marchão et al. (2006), avaliando a interceptação da RFA em diferentes híbridos de milho variando densidade de semeadura, observaram correlação positiva entre a produtividade de grãos e a RFA interceptada. Nessa análise, foi possível constatar a hipótese de resposta ao adensamento de semeadura, comprovando-se a capacidade da cultura em se utilizar melhor a radiação incidente em uma determinada área. Em resumo, criou-se cenários em que as melhores repostas foram observadas nas maiores densidades, correspondendo também a um maior volume do dossel vegetativo.

No entanto, os mesmos autores ressaltam que o efeito do híbrido só foi observado até a altura das espigas, confirmando que a arquitetura da planta e porte são determinantes da produtividade em cultivos adensados. Diversos trabalhos relacionados relataram a influência positiva de híbridos simples, precoces e com folhas eretas associados a melhores resultados agronômicos juntamente com população adensada, acima de 60.000 plantas por hectare (Marchão et al., 2005).

2.4 Declividade e exposição do terreno

A declividade do terreno é um dos fatores que mais influencia na distribuição da energia solar sobre a superfície terrestre, podendo variar de acordo com o grau de inclinação, forma do terreno e orientação da face exposta à radiação (Hofierka e Šúri, 2002). Da mesma forma, os ambientes de produção agrícola também sofrem com essas mesmas influências, onde pode-se observar por meio de parâmetros agronômicos mensurados o grau de interferência no desenvolvimento vegetal e na produção final.

Diferentes condições de exposição solar (norte, sul, leste e oeste) em relação a declividade ocasionam em variação no recebimento da radiação, fator este, já citado, possui amplo condicionamento nos aspectos climatológicos e fisiológico no crescimento e desenvolvimento das culturas (Coan et al., 2012).

Turco e Vieira (2021), em estudo com superfícies que simulam a variação da declividade e exposição à luz solar com amendoim, em Jaboticabal-SP,

observaram maiores diferenças de temperatura do dossel nas superfícies com declividades de 20 e 40%, além de apresentarem também menor acúmulo de radiação durante o ciclo. Tais resultados corroboram com demais autores que afirmam que por meio de diferentes cenários geográficos há variação angular da incidência de raios solares sobre as plantas, refletindo em saldos de radiação distintos entre essas superfícies (Carneiro et al., 2013).

Outro estudo, com superfícies variando o grau de declividade no cultivo de cana-de-açúcar, realizado em Jaboticabal -SP por Brunini e Turco (2018), verificaram decréscimo de produtividade nas superfícies de declividade diferente de zero, uma vez que nessas condições observou-se também um maior índice de estresse hídrico em função da dificuldade de manutenção da capacidade de campo nesses terrenos. Percebe-se então, através desses resultados a forte interferência da declividade em proporcionar condições de microclima adequadas para o desenvolvimento das culturas associada a exposição da radiação solar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local do experimento

A pesquisa foi desenvolvida no município Jaboticabal/SP, em área situada a 22°15'22" S, 48°18'58" W, e altitude de 575 m, em estrutura que simula variações de superfícies, descrita por Turco (1997). A precipitação média anual é de 1.400 mm, temperatura média anual de 22 °C e umidade relativa do ar média de 70%. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, subtropical com estiagem no inverno.

O experimento foi realizado no período de safra, com semeadura em 07 de dezembro de 2021 e colheita em 10 de março de 2022. O solo é classificado como Latossolo Vermelho (LE) eutroférico típico, textura argilosa, A moderado, caulínítico, hipoférico, com distribuição de partículas (areia, 200 g kg⁻¹; silte, 290 g kg⁻¹ e argila 510 g kg⁻¹), relevo suave ondulado (Andrioli e Centurion, 1999).

Foi realizada análise química do solo apresentando os resultados conforme Tabela 3. Por meio da interpretação da mesma, foi feita correção do

solo utilizando calcário dolomítico e gesso agrícola, nas doses respectivamente de 2.000 kg.ha⁻¹ e 1.000 kg.ha⁻¹.

Tabela 3. Dados do resultado da análise química do solo amostrado (Fonte: DMLab)

Prof.	Mat. Org.	pH	P (resina)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m	K	Ca	Mg
Unidade	g.dm ⁻³	CaCl ₂	mg.dm ⁻³	mmol.dm ⁻³				mmol.dm ⁻³				%			
0-20	12	5,4	55	4,7	20	6	1	28	30,7	58,7	52,3	1,9	7,96	34,26	10,65
20-40	11	5,7	40	2,8	25	6	1	23	33,8	56,8	59,5	1,5	4,96	44,68	9,74

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições, em fatorial 6 x 4, sendo seis superfícies: H (sem declividade), 10, 20, 30, 40 e 50% de declividade e quatro exposições aos raios solares: Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (O).

Nessa estrutura, a área de cada superfície é de 10,5 m², caracterizadas como: H (superfície horizontal); 10N (superfície com 10% de declividade e exposição norte), 20N (superfície com 20% de declividade e exposição norte), 30N (superfície com 30% de declividade e exposição norte), 40N (superfície com 40% de declividade e exposição norte), 50N (superfície com 50% de declividade e exposição norte); 10S (superfície com 10% de declividade e exposição sul), 20S (superfície com 20% de declividade e exposição sul), 30S (superfície com 30% de declividade e exposição sul), 40S (superfície com 40% de declividade e exposição sul), 50S (superfície com 50% de declividade e exposição sul); 10E (superfície com 10% de declividade e exposição leste), 20E (superfície com 20% de declividade e exposição leste), 30E (superfície com 30% de declividade e exposição leste), 40E (superfície com 40% de declividade e exposição leste), 50E (superfície com 50% de declividade e exposição leste) e 10W (superfície com 10% de declividade e exposição oeste), 20W (superfície com 20% de declividade e exposição oeste), 30W (superfície com 30% de declividade e exposição oeste), 40W (superfície com 40% de declividade e exposição oeste), 50W (superfície com 50% de declividade e exposição oeste).

A Figura 2 apresenta a composição experimental das superfícies em relação à orientação e disposição das parcelas.

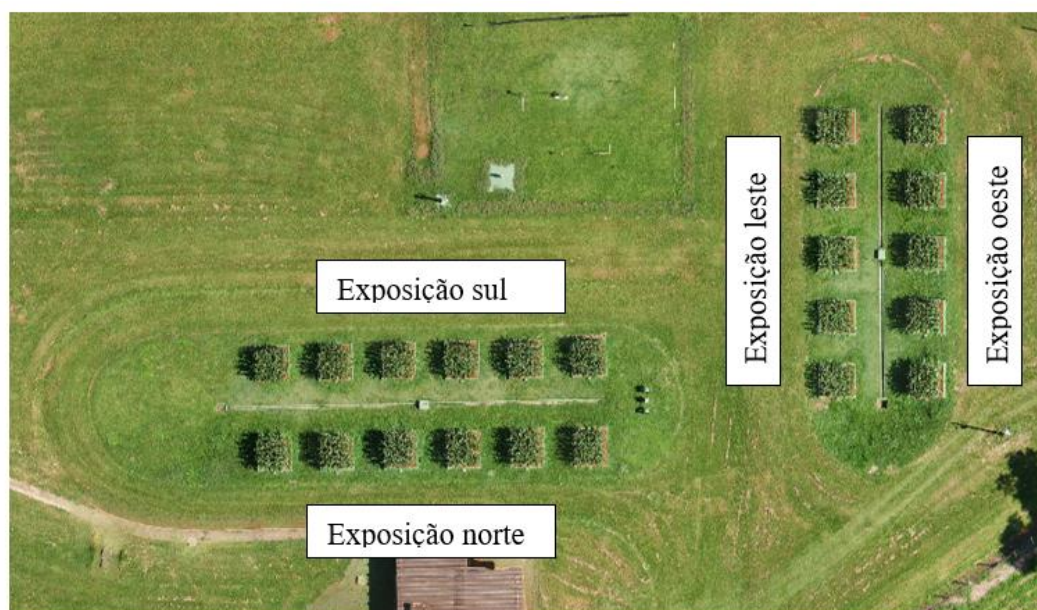


Figura 2. Vista aérea da área experimental (Fonte: Google Maps)

A Figura 3, representa a área útil das parcelas ($2,7 \text{ m}^2$), as quais foram realizadas as avaliações. Cada parcela foi composta de 3 repetições, que correspondem às 3 linhas de cultivo centrais em cada superfície.



Figura 3. Esquema ilustrativo da parcela experimental

3.3 Semeadura e manejo inicial da cultura

O híbrido de milho utilizado foi o FS 575 PWU Forseed Power Core Ultra, que possui tolerância ao glifosato e resistência à lagarta-do-cartucho, broca-do-colmo, lagarta-da-espiga, lagarta-da-elasma, lagarta-rosca e lagarta-preta-das-folhas.

A semeadura foi realizada no dia 07 de janeiro de 2022, de forma manual, sendo depositada uma semente por cova a 5 cm de profundidade e espaçadas a 33 cm entre si na mesma linha, resultando em uma densidade de 3 sementes.metro⁻¹. O espaçamento entre linhas foi de 45 cm o que resultou em cada parcela experimental o total de 7 linhas semeadas, objetivando-se chegar a uma densidade populacional 66.666 plantas.ha⁻¹.

O espaçamento utilizado para o experimento foi selecionado para que, além de atender a densidade populacional, se assemelhar com as condições encontradas a campo em que ocorre a semeadura realizada por máquinas.

No mesmo dia da semeadura realizou-se adubação de base, utilizando-se fertilizante formulado 04-28-08 (10Ca; 7,2S; 0,03B; 0,05Mn; 0,1Zn) da Yara Fertilizantes. A dose utilizada foi de 290 kg. ha⁻¹ seguindo os critérios de recomendações baseado no Boletim Informativo Técnico 100 do IAC.

Foram realizadas duas adubações de cobertura com o fertilizante 30-00-10 na dose de 400 kg.ha⁻¹ nos estádios V4 e V6/V8.

A cada 15 dias foram realizados manejos para controle de supressão das plantas daninhas com utilização de glifosato adicionado óleo mineral a 5% do volume de calda, fazendo-se uso de pulverizador costal manual de capacidade de 20 L. As aplicações se seguiram até o completo fechamento da cultura do milho. Intervenções utilizando-se capina manual também foram realizadas visto a grande incidência do banco de sementes presente na área.

As Figuras 4 e 5 apresentam a disposição e orientação das superfícies na época em que foi realizada a adubação de cobertura.



Figura 4. Superfícies dispostas nas orientações Leste/Oeste. Oeste: superfícies do lado direito e Leste: superfícies do lado esquerdo



Figura 5. Superfícies expostas nas orientações Norte/Sul. Norte: superfícies do lado direito e Sul: superfícies do lado esquerdo

3.4 Variáveis climatológicas

Os dados meteorológicos foram fornecidos pelo Laboratório de Instrumentação, Automação e Processamento (LIAP) do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV/UNESP-Campus de Jaboticabal. Esses dados foram obtidos em estação meteorológica automática da marca Davis

Instrumentos instalada em área experimental do LIAP coberta por grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge).

A quantidade de água aplicada em cada superfície foi em função dos valores da ET_0 , obtidos pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 2006), sendo calculada pela Equação 1:

$$ET_0(PM) = \frac{0,409\Delta(Rn-G) + \left(\frac{900}{T+273}\right)(es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0,34v)} \quad (1)$$

Em que,

ET_0 (PM) = evapotranspiração de referência pelo método de PM (Penman-Monteith), em gramado, $mm\ d^{-1}$;

Rn = radiação líquida, $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$;

T = temperatura média do ar a 2 m de altura, $^{\circ}C$;

V = velocidade média do vento a 2 m de altura, $m\ s^{-1}$;

$(es-ea)$ = déficit de pressão de vapor, kPa ;

Δ = tangente à curva de pressão de vapor, $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$;

γ = constante psicrométrica, $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$

900 = fator de conversão.

Os valores de evapotranspiração foram corrigidos para cada superfície seguindo metodologia descrita por Turco et al. (2012), que consiste em relacionar o saldo de radiação incidente em superfícies díspares, propondo ajuste do modelo de Penman-Monteith para cada situação de terreno. Com essa correção, a quantidade de água aplicada nas superfícies variou, devido a quantidade de radiação incidente em cada superfície.

Para a determinação da evapotranspiração da cultura, foi utilizada a Equação 2:

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (2)$$

Em que, ET_c = evapotranspiração da cultura, expressa em mm dia^{-1} ; ET_o = evapotranspiração de referência, expressa em mm dia^{-1} ; K_c = coeficiente de cultura do milho.

Os valores de Coeficiente de cultura (K_c) para o milho estão descritos na Tabela 4 e foram obtidos de acordo com Penman-Monteith (FAO, 1998).

Tabela 4. Valores do coeficiente da cultura do milho (K_c) descritos por Penman-Monteith (FAO, 1998)

Período de desenvolvimento	Coeficiente da cultura (K_c)
Início	0,3
Meia-estação	1,2
Final	0,35

A irrigação foi realizada no final do dia, respeitando o turno de rega a cada sete dias. A irrigação foi realizada por gotejamento com seis fitas gotejadoras, tendo os gotejadores espaçados a 20 cm, com vazão de 90 L h^{-1} .

A radiação solar global foi estimada pela equação 3, sendo calculada em cada superfície pela metodologia de Kondratyev (1977) por meio da radiação solar global medida na horizontal (S_s):

$$S_s = S_m \times \cos i \quad (3)$$

Em que, S_m - fluxo de radiação solar recebido por uma superfície normal aos raios solares com presença da massa atmosférica (m); i - ângulo de incidência dos raios solares numa determinada superfície inclinada.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente nas superfícies foi estimada pela equação de Gerolineto (2005), descrita na equação 4 abaixo:

$$PAR = -0,257 + 0,4237S_s \quad (4)$$

Em que, PAR = radiação fotossinteticamente ativa, $\text{MJ.m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$; S_s = radiação solar global incidente, $\text{MJ.m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

3.5 Avaliações fitotécnicas

Foram determinados os seguintes parâmetros para avaliação do desenvolvimento da cultura:

- Estande final (nº plantas);
- Altura de plantas (cm);
- Altura de inserção da espiga (cm);
- Diâmetro do colmo (mm);

As avaliações foram realizadas no fim do ciclo reprodutivo, entre o período de enchimento de grãos e antecedente à colheita. Para a altura de plantas, foi utilizado uma régua graduada considerando a altura partindo do nível do solo até o ponto da folha bandeira (a última folha abaixo da inserção do pendão floral).

Para altura de inserção da espiga, foi utilizado a mesma régua graduada, considerando a altura partindo no nível do solo até a base onde a espiga se encontrava inserida no colmo. Plantas em que possuía mais de uma espiga, foi considerada a primeira espiga em relação ao solo.

Para o diâmetro do colmo, foi utilizado paquímetro digital (marca Zaas, de 200 mm), medindo a espessura do colmo entre o segundo e terceiro internódio.

A Figura 6 abaixo demonstra a como foi realizado a coleta dos dados para avaliar o desenvolvimento das plantas.



Figura 6. Avaliação dos parâmetros de desenvolvimento da cultura do milho (estande final, altura de plantas e inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo)

No momento da colheita, foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Massa verde e seca da parte aérea ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);
- Número de fileiras por espiga
- Número de grãos por fileira;
- Massa de mil grãos (g);
- Produtividade ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Para obtenção desses parâmetros, foi respeitada a parcela útil no tamanho de $2,7 \text{ m}^2$ para a remoção completa das plantas. As plantas foram cortadas ao nível do solo, sem o sistema radicular (figura 7), onde foram pesadas (massa verde) e em seguida levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C por cerca de 72 horas para extração completa de umidade presente nos tecidos podendo-se fazer a determinação de sua massa seca, em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.



Figura 7. Parcela experimental (lado esquerdo) e remoção das plantas da parcela útil antes de serem pesadas e levadas para estufa (lado direito)

De todas as plantas colhidas em cada parcela útil, foram retiradas as espigas e realizada a contagem de forma manual do número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira (Figura 8).



Figura 8. Contagem do número de fileiras e grãos por fileira de cada espiga das plantas coletadas dentro da parcela útil.

As espigas foram debulhadas com debulhadora mecânica no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV. Após a debulha, verificou-se a massa de grãos pesados em balança de precisão com posterior ajuste da massa para a umidade (b.u.) de 13% seguindo as Regras de Análise de Sementes BRASIL (1992), em que os resultados foram obtidos pela equação:

$$P = i * \frac{(100-U)}{(100-13)} \quad (5)$$

Em que,

P = massa de grãos a 13 % de umidade, em kg;

U = teor de água atual dos grãos, em %;

I = massa inicial da amostra.

Após transformar a massa dos grãos à base de 13 %, a produção de grãos foi transformada em kg ha⁻¹.

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade pelo teste de Ryan Joiner e, quando normais, à análise de variância pelo Teste F e, quando necessário, aplicou-se o teste de Tukey (p<0,05) para comparação das médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados climatológicos

Na Figura 9, estão apresentados os valores de radiação global e radiação fotossinteticamente ativa, denominada PAR (Photosynthetically Active Radiation), em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

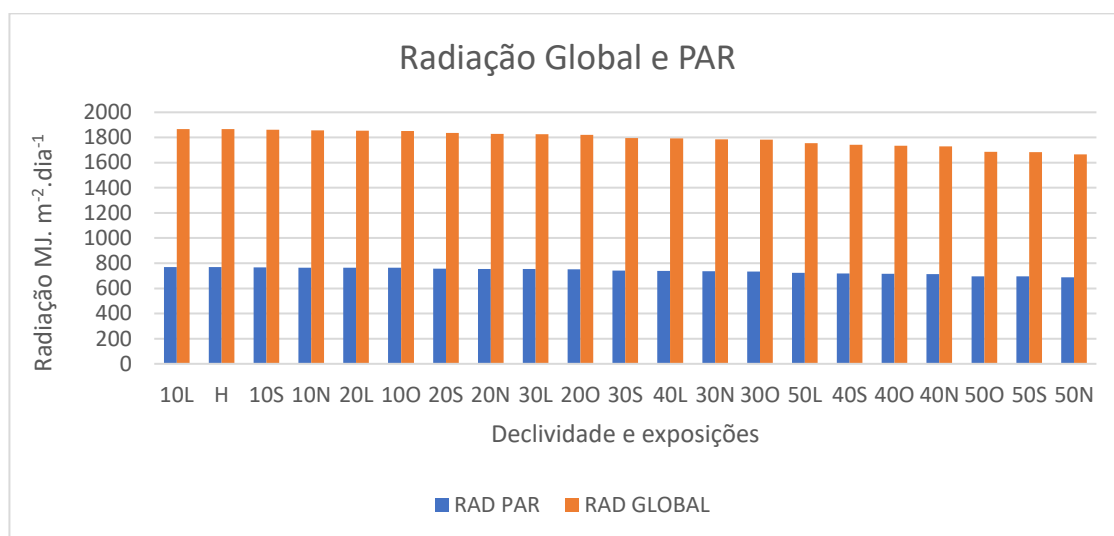


Figura 9. Valores de radiação global e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) recebida em função dos tratamentos (declividade x exposição)

Os valores referentes à radiação global e PAR está em ordem decrescente, onde observa-se maior acúmulo de radiação global nas superfícies H, 10L, 10S e 10N. Seguidos das declividades de 20 e 30% para as exposição S, N, L e O. Na parte final do gráfico, correspondente aos menores valores, se apresentam as declividades superiores (50L, 40S, 40O, 50O, 50S e 50N), evidenciando que a incidência dos raios solares nessas condições é menos favorável ao fornecimento de energia e conversão da mesma em foto-assimilados pelas plantas.

A interceptação da radiação solar pelas folhas das plantas de milho influencia a produtividade de grãos. Apenas uma fração da energia é utilizada pelas plantas para o processo de acúmulo de matéria seca, a radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Pois tanto o aumento quanto a redução da

produtividade ou índice de área foliar (IAF) podem ocorrer da forma em que a RFA absorvida ou interceptada é utilizada pela cultura (Uate et al., 2016).

Na complexidade do sistema de conversão de energia pela planta, a fotossíntese é o processo básico. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR), é o modelo de utilização mais coerente, ao contrário da radiação total. A amplitude da PAR é determinada de acordo com a banda do espectro de absorção dos pigmentos das plantas, onde os comprimentos de onda variam entre 400 e 750 nm (Romano, 2005.)

Observa-se pela figura 10, que os meses de Janeiro e Fevereiro foram os que apresentaram menor radiação PAR, uma das possíveis causas são os picos de pluviosidade observados dentro desse período (Figura 11), com valores de precipitação máxima de 40 mm picos de 100 mm entre o fim de Janeiro e Fevereiro.

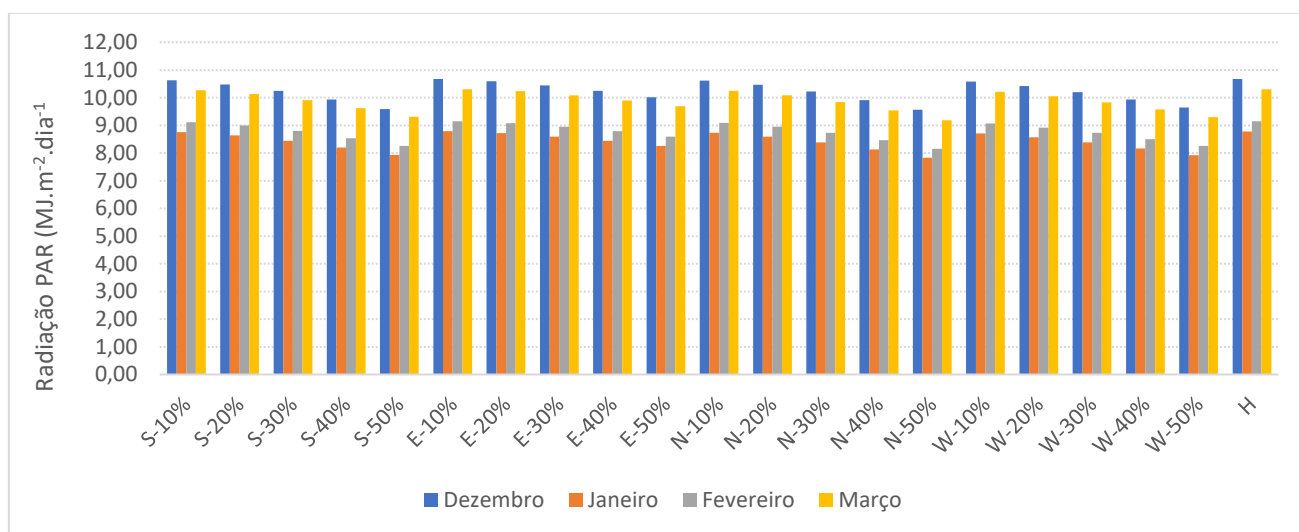


Figura 10. Gráfico da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), contendo as médias mensais em relação aos tratamentos

A partir dos dados pluviométricos apresentados na Figura 11, no mês de fevereiro, observa-se uma irregularidade com diminuição de chuvas a partir da terceira semana somado a um período marcado predominantemente de nebulosidade, conforme pode ser observado na Figura 12. Este fator, pode ter sido supostamente determinante para expressar menores valores de radiação PAR, como foi demonstrado na Figura 10.

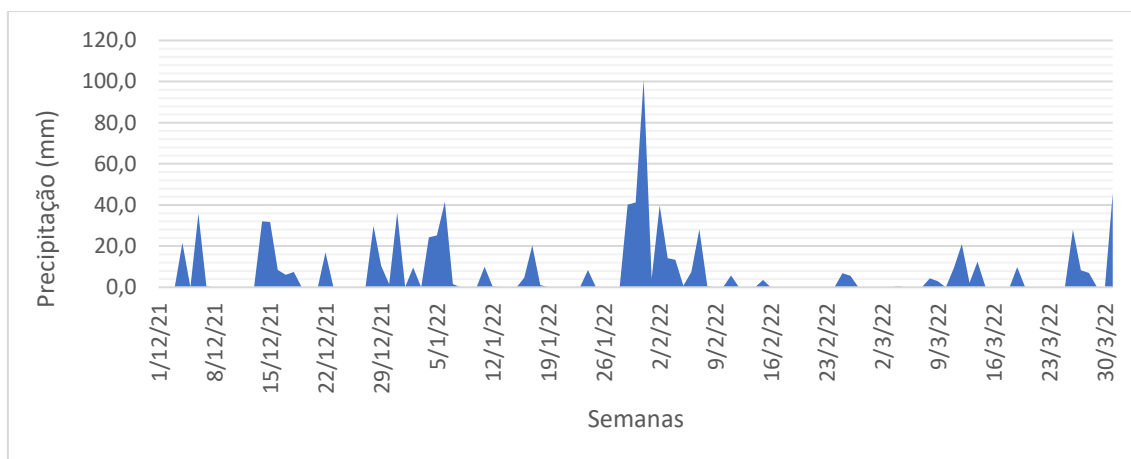


Figura 11. Distribuição da precipitação pluviométrica no período de Dezembro de 2021 a Março de 2022

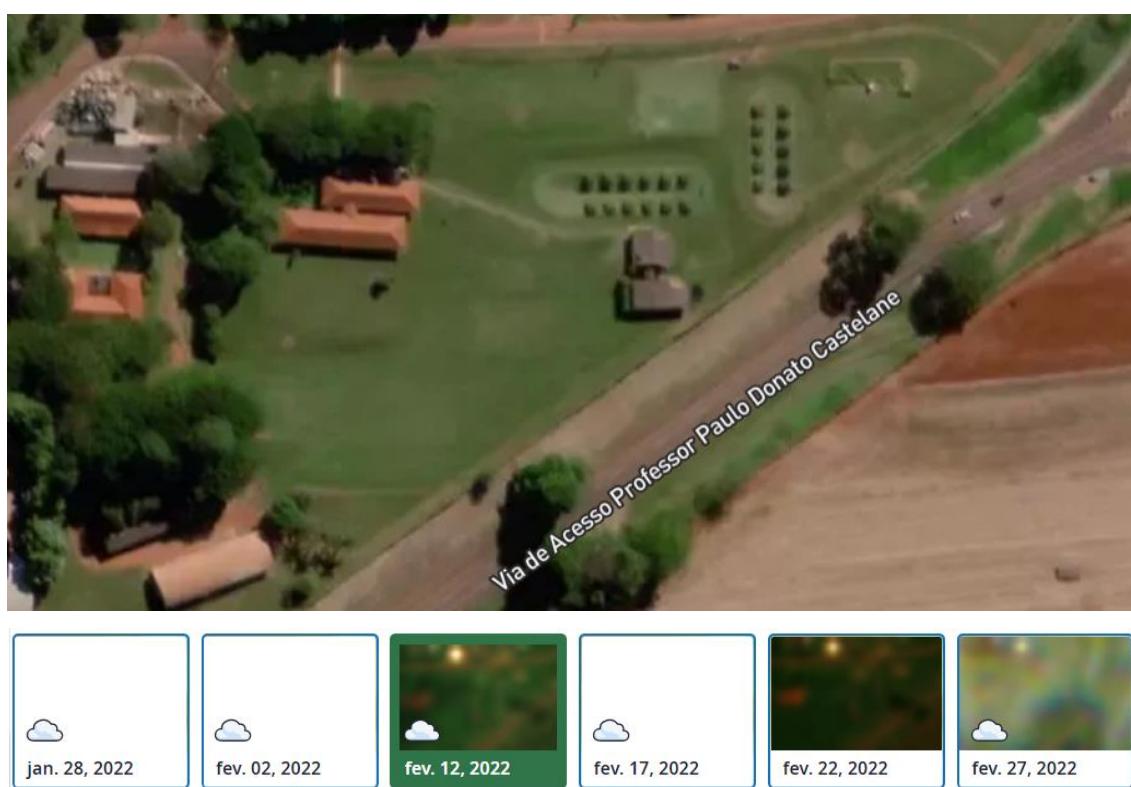


Figura 12. Imagem de satélite da área experimental (Fonte: Atfarm)

Em relação à temperatura (Figura 13), observa-se que a temperatura média mensal se apresenta na faixa ideal para o desenvolvimento da cultura do milho, dentro do intervalo de 24 a 30 °C (Cruz et al., 2006). Porém ao analisar os

dados de temperatura máxima, observa-se para as duas últimas semanas do mês de Janeiro e última semana de fevereiro até a segunda semana de março, valores superiores a 30 °C de forma contínua dentro desse período.

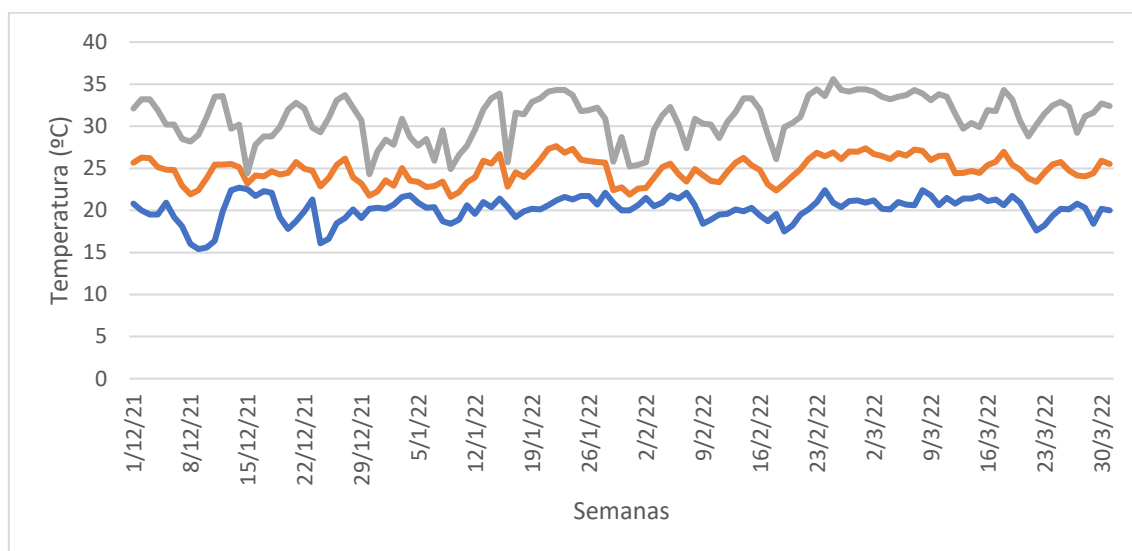


Figura 13. Distribuição da temperatura no período de dezembro de 2021 a março de 2022

No primeiro momento com temperaturas acima de 30 °C, a cultura se encontra no período vegetativo. Fator que influencia a eficiência no processo de fotossíntese, onde a planta sob condições de estresse, diminui a intensidade de seu metabolismo, uma vez que há redução de trocas gasosas com a atmosfera devido ao fechamento dos estômatos e diminuição da transpiração. Já no segundo momento, se relaciona com o período reprodutivo em que altas temperaturas contribuem para a baixa produtividade de grãos. Nessas condições, a temperatura elevada aumenta o consumo de produtos metabólicos, que favorece o encurtamento do período de enchimento de grãos em função da redução do ciclo da planta.

4.2 Resultados Fitotécnicos do Milho

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos com as avaliações dos parâmetros fitotécnicos do milho: altura de plantas (cm), altura de inserção da

primeira espiga (cm), diâmetro do colmo (mm), matéria seca da parte aérea (kg.ha^{-1}).

Tabela 5. Valores médios de altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, matéria seca da parte aérea e produtividade

Causas de Variação		Altura de planta (cm)	Altura de inserção da espiga (cm)	Diâmetro do colmo (mm)	Matéria Seca (kg ha^{-1})
Declividade (%)	0	170,9 A	90,4 A	19,6 AB	10.800 A
	10	160,4 BC	82,6 B	18,1 BC	6.600 BCD
	20	163,5 AB	81,8 BC	18,6 ABC	8.400 B
	30	162,0 AB	82,9 B	19,9 A	7.200 BC
	40	154,8 BC	77,8 BC	18,2 ABC	5.000 D
	50	151,6 C	75,4 C	17,8 C	6.000 CD
Exposição à Radiação solar	N	149,7 c	74,6 c	20,1 b	7.400 b
	S	169,4 a	87,4 a	16,9 c	10.800 a
	L	158,7 b	82,1 b	21,3 a	5.600 c
	O	164,3 ab	83,1 ab	16,5 c	5.600 c
Valor de F	D	9,7**	9,7**	4,4**	16.900**
	E	22,5**	15,7**	52,8**	36,7**
	D*E	2,6**	2,9**	3,6**	2,5**
CV (%)		4,6	6,9	7,3	23,2

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

A Tabela 6, apresenta os valores dos parâmetros número de fileiras das espigas, número de grãos por fileira, massa de mil grãos (g) e produtividade do milho (kg.ha^{-1}).

Tabela 6. Valores obtidos para os parâmetros de número de fileiras, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade

Causas de Variação		Nº de fileiras	Número de grãos por fileira	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Declividade (%)	0	14,30 AB	34,75	112,05 A	4.228 A
	10	14,30 AB	32,38	85,32 B	3.040 BC
	20	14,68 AB	33,87	92,24 AB	3.374 BC
	30	14,85 A	35,52	95,72 AB	3.624 AB
	40	14,14 AB	33,41	79,30 B	2.696 C
	50	13,97 B	32,20	82,99 B	2.828 C
Exposição à Radiação solar	N	13,95 b	32,37	81,31 b	2.797 b
	S	14,36 ab	35,03	109,94 a	3.989 a
	L	14,68 a	33,16	85,15 b	3.114 b
	O	14,50 ab	34,19	89,57 b	3.294 b
Valor de F	D	2,66*	2,25 ^{NS}	4,81**	8,2**
	E	3,5*	2,69 ^{NS}	7,83**	9,7**
	D*E	0,54 ^{NS}	1 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,9 ^{NS}
CV (%)		4,89	8,94	20,47	39,3

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). * (p<0,05); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

4.2.1 Fator Declividade no desenvolvimento do milho

Analisando os dados dos parâmetros fitotécnicos avaliados demonstrados na Tabela 5, observa-se que, para o fator declividade, a altura de inserção da espiga, e matéria seca apresentaram maiores valores com diferenças significativas na declividade 0% em relação as demais.

Para as variáveis altura de planta e diâmetro de colmo, apesar de terem apresentado diferença estatística, houve semelhança entre a maioria dos tratamentos, os quais podem-se agrupar dentro dos maiores incrementos observados. Sendo eles, os tratamentos de declividade 0 a 30%, e de modo inverso, os menores valores observados para as declividades de 40 e 50%.

Em relação à Tabela 6, o número de fileiras das espigas foi maior para as declividades entre 0 e 40%, porém apresentando diferença significativa somente entre as de 30% e 50%. Sendo a de 30% semelhantes às demais (0, 10, 20 e

40%). Para o número de fileiras por espiga, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Para massa de mil grãos, observou-se maiores incrementos nos tratamentos 0, 20 e 30% de declividade, com diferenças apenas entre 0, 10, 40 e 50%, sendo a superfície horizontal (0%) com maior valor. Comportamento semelhante para a variável de produtividade, com destaque para os tratamentos de 0 e 30%, sendo para o de 0% (superfície horizontal) o maior rendimento de grãos obtido e se diferenciando entre os de 10, 20, 40 e 50%.

Sendo assim, é possível relacionar os resultados das tabelas 5 e 6 com as informações de radiação global e PAR expressas na figura 9, que, para as declividades de 40 e 50% apresentaram menores intensidades de radiação acumulada no período do ciclo da cultura, podendo exercer influência de forma negativa sobre o desenvolvimento e produção do milho nessas superfícies.

Quanto às diferenças encontradas para a variável produtividade, Vieira e Turco (2019) em experimento com variação de superfícies simulando diferentes declividades e exposições na cultura do amendoim, em Jaboticabal-SP, observou maior acúmulo de radiação ($2.692 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) nas superfícies horizontais e conseqüentemente maiores produtividades quando comparadas com superfícies de maior grau de declividade (40%).

Essa condição de menor desenvolvimento e produtividade de grãos em maiores declividades, se combina com o fato de que nessas situações a incidência da radiação solar é menor aproveitada pela planta, onde, morfollogicamente se resume nas folhas. Além disso, há possibilidade de maior sombreamento pela própria disposição das plantas nesses tratamentos à medida em que o sol caminha desde o nascer ao momento poente. Carneiro et al. 2013, estudaram o saldo de radiação em cana-de-açúcar em diferentes regiões do Brasil e observaram a relação dependente do albedo em função do ângulo de elevação solar (declividade). Ou seja, para cada ambiente em que há variação angular na incidência dos raios, cenários distintos são provocados por meio da dependência geográfica que afeta o saldo de radiação total pela cultura.

4.2.2 Fator Exposição no desenvolvimento do milho

De acordo com a Tabela 5, as variáveis altura de plantas e altura de inserção da espiga e matéria seca da parte aérea apresentaram comportamento semelhantes nos resultados, sendo os maiores incrementos observados na exposição Sul (S). Sendo que para altura de plantas e inserção da espiga, os tratamentos na exposição Sul (S) se apresentaram semelhantes aos da exposição Oeste (O). O diâmetro de colmo, apresentou valor superior na exposição Leste (L), se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos. E para matéria seca, o maior valor observado foi na exposição Sul (S).

Em relação aos resultados apresentados na tabela 6, o número de fileiras das espigas para as exposições Sul (S), Leste (L) e Oeste (O) foram semelhantes, sendo superiores ao observado para a exposição Norte (N).

A variável número de grãos por fileira não apresentou diferença significativa entre qualquer exposição.

Para massa de mil grãos e produtividade, foram observados para a exposição Sul (S) maiores incrementos com diferença significativa em relação as demais exposições à radiação solar. Resultados que podem se relacionar com altura de plantas e inserção da espiga e a matéria seca, pois foram os tratamentos em que as plantas mais se desenvolveram vegetativamente e conseqüentemente havendo a conversão de foto-assimilados em maior volume e massa de grãos.

Sob mesmas condições experimentais de cultivo com milho (verão) com variações de declividade e exposição solar, realizado no município de Jaboticabal-SP, Oliveira et al. (2020), observou incrementos na massa seca de plantas, massa de mil grãos e produtividade ($12.130 \text{ kg.ha}^{-1}$) nos tratamentos realizados dentro da exposição Sul (S).

4.2.3 Interação Declividade (D) e Exposição (E)

Para o número de fileiras das espigas, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade, não houve interação entre declividade (D) x exposição (E). Quanto aos demais parâmetros avaliados, altura de plantas,

altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo e matéria seca, houve diferença estatística entre os dois fatores D e E, os quais foram feitos desdobramentos apresentados nas tabelas 7, 8, 9 e 10.

Tabela 7. Valores obtidos para o desdobramento de altura de plantas (cm)

		Declividade (D)					
		0	10	20	30	40	50
Exposição (E)	N	170,8 Aa	147,8 Bc	154,1 ABa	147,4 Bb	140,4 Bb	137,8 Bc
	S	170,8 Aa	165,6 Aab	165,5 Aa	181,9 Aa	165,0 Aa	167,3 Aa
	L	170,8 Aa	155,7 ABCbc	169,2 ABa	160,6 ABCcb	152,3 BCab	143,6 Cbc
	O	170,8 Aa	172,6 Aa	164,9 Aa	158,0 Ab	161,7 Aa	157,7 Aab

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

Tabela 8. Valores obtidos para o desdobramento de altura de inserção da espiga (cm)

		Declividade (D)					
		0	10	20	30	40	50
Exposição (E)	N	90,4 Aa	76,5 Bb	76,2 Ba	75,1 Bb	64,8 Bb	64,6 Bb
	S	90,4 Aa	80,4 Bab	86,2 Aab	97,2 Aa	83,8 ABa	86,6 ABa
	L	90,4 Aa	81,8 ABab	87,2 ABa	80,2 ABb	78,4 ABa	74,7 Bab
	O	90,4 Aa	91,5 Aa	77,5 BCa	79,3 ABCb	84,3 ABCa	75,7 Cab

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

Tabela 9. Valores obtidos para o desdobramento de diâmetro de colmo (mm)

		Declividade (D)					
		0	10	20	30	40	50
Exposição (E)	N	19,6 ABa	18,6 Bab	19,9 Aba	22,3 Aa	19,6 Aba	20,2 Aba
	S	19,6 Ab	16,1 Bb	15,5 Bb	18,3 ABb	15,9 Bb	16,1 Bb
	L	19,6 Ba	20,5 ABa	22,6 ABa	23,7 Aa	20,9 ABa	20,7 Aba
	O	19,6 Aa	17,1 ABb	16,3 ABb	15,2 Bc	16,5 ABb	14,4 Bb

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

Tabela 10. Valores obtidos para o desdobramento da matéria seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

		Declividade (D)					
		0	10	20	30	40	50
Exposição (E)	N	10.800 Aa	5.100 Bb	7.400 ABb	8.100 ABab	5.900 Bab	6.900 ABab
	S	10.800 ABa	10.600 ABa	13.000 Aa	11.700 ABa	8.600 Ba	10.100 Aba
	L	10.800 Aa	4.600 BCb	7.300 ABb	5.100 BCbc	1.700 Cc	4.000 BCbc
	O	10.800 Aa	6.100 Bb	6.000 Bb	3.800 Bc	4.000 Bbc	2.800 Bc

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

Observando o desdobramento de altura de plantas apresentados na Tabela 7, o maior desenvolvimento observado foi da exposição Sul (S) dentro da declividade 30% (181,98 cm). Nota-se que para essa exposição, é a que apresentou resultados de maneira mais uniforme em relação a variação da declividade.

Para a altura de inserção da espiga (Tabela 8), a declividade 30% na exposição Sul (S) apresentou maior valor (97,28 cm), indo de encontro a altura de plantas observado na Tabela 7. O qual esse parâmetro tem dependência direta, uma vez que quanto mais alta for a planta, maior será sua altura de inserção da espiga.

Para o diâmetro de colmo (Tabela 9), foi observado maior incremento (23,70 mm) na exposição Leste (L) dentro da declividade de 30%.

Para a produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 10), a exposição Sul (S) apresentou maior acúmulo entre as demais (13.000 kg.ha⁻¹ na declividade de 20%). Percebe-se que, além disso, nessa exposição assim como para as variáveis altura de plantas e altura de inserção da espiga, houve uniformidade dentro das declividades (semelhança estatística).

Denota-se que, de acordo com os resultados observados, especificamente a matéria seca da parte aérea, quando relacionada com os demais parâmetros avaliados, as superfícies voltadas para o Sul podem indicar uma contribuição positiva para o desenvolvimento das plantas de forma mais homogênea, independente da declividade do terreno.

Turco e Vieira (2021), avaliando o estresse hídrico do amendoim em condições de variação de exposição solar e declividades observou que os tratamentos da face Sul (a 20% e 40% de declividade) apresentaram a menor demanda de irrigação em relação aos tratamentos da face norte, leste e oeste. Mesmos resultados foram encontrados por Brunini e Turco (2018) em condições experimentais similares, avaliando os efeitos do estresse hídrico na cana-de-açúcar. Esse fato pode estar ligado a menor evapotranspiração nessas superfícies, exigindo menor demanda hídrica, e consequentemente criando um ambiente de microclima mais ameno. Porém, com aproveitamento da radiação

incidente semelhante as demais superfícies, fazendo com que o dossel seja mais eficiente na utilização e conversão da energia absorvida.

De modo geral, a radiação solar é essencial para o desenvolvimento do milho. Quando há ausência da mesma, a fotossíntese é inibida, ocasionando redução na produção. Estima-se que a fixação CO_2 contribui com cerca de 90% da matéria seca produzida (Bevilacqua, 2012).

Sendo assim, de acordo com os resultados observados nas tabelas 5 e 6, é possível relacionar a queda de matéria seca e produtividade na medida em que se aumenta o grau de declividade das superfícies. Onde a superfície horizontal juntamente com o auxílio da arquitetura da planta se apresenta mais favorável na interceptação da luz e radiação solar.

5 CONCLUSÕES

A radiação global e a radiação fotossinteticamente ativa demonstraram que tem uma forte influência na conversão de matéria seca e produtividade do milho. Bem como a variação da declividade e exposição à luz solar também exercem alterações sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura.

A declividade 0% (superfície horizontal) apresentou os maiores valores para a maioria dos parâmetros avaliados que mensuraram o desenvolvimento vegetativo e produtividade do milho.

A exposição Sul (S) foi o tratamento que apresentou maiores incrementos para altura de plantas, altura de inserção da espiga, matéria seca, massa de mil grãos e produtividade do milho, se diferindo estatisticamente das demais exposições avaliadas.

6 REFERÊNCIAS

- ALLEN RG, PEREIRA LS, RAES D, SMITH M (2006) **Evapotranspiration del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje Paper, 56).
- ANDRADE AMD, MOURA MAL, SANTOS AB, CARNEIRO RG, JUNIOR RSS (2014) radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica em Coruripe, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia** 29:68-79.
- ANDRADE C.L.T., BRITO RAL (2006) **Cultivo do milho – Sistemas de Produção 1**. Brasília: EMBRAPA. (Versão eletrônica, 2. ed.).
- ANDRIOLI I, CENTURION JF (1999) Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. CD-ROM.
- BEVILACQUA LB (2012) **Sazonalidade da concentração de CO₂ atmosférico em um área agrícola no RS**. 52 f. Dissertação (mestrado) –Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Rio Grande do Sul.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. (1992) **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BRUNINI RG, TURCO JEP (2016) Water stress indices for the sugarcane crop on different irrigated surfaces. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 20:925-929.
- BRUNINI RG, TURCO JEP (2018) Water stress index on sugarcane in different envelopmental phases. **Ciência e Agrotecnologia** 42:204-2015.
- CARNEIRO RG, MOURA MAL, LYRA RF, ANDRADE AMD, SANTOS AB, MAIA RGX (2013) Fluxo de Calor do Solo e Saldo de Radiação Dentro de uma Área de Mata Atlântica em Comparação com uma Área de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Geografia Física** 6:555-565.
- COAN RM, TURCO JEP, PIVETTA KFL, COSTA MN, MATEUS CM (2012) Emerald zoyzia grass development regarding photosynthetically active radiation in different slopes. **Engenharia Agrícola** 32:501-509.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) (2022a) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos v.9 – safra 2021/22, nº4 – Quarto levantamento | janeiro 2022**.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) (2022b) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos v.10** – safra 2022/23, nº2 – Segundo levantamento | novembro 2022.

CRUZ OR (2014) **Parâmetros hídricos, área foliar e coeficiente cultural (Kc) do consórcio milho-brachiaria irrigado**. Embrapa Cerrados. 24 p.

CRUZ JC, PEREIRA FILHO IA, ALVARENGA RC, GONTIJO NETO MM, VIANA JHM, OLIVEIRA MF, SANTANA DP (2006) **Circular técnica 87**. Sete Lagoas: Embrapa. 12 p.

CRUZ JC, MELHORANÇA AL, COELHO AM et al. (2010) **Cultivo do milho**. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm. Acesso em 12 fev. 2023.

EMBRAPA. **Manual de segurança e qualidade para a cultura do milho**. Brasília: Embrapa/Sede, 2004. 78p.

FANCELLI AL, DOURADO NETO D (1997) **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique. Departamento de Agricultura/ESALQ/USP.174p.

FANCELLI AL (2015) Ecofisiologia - Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho. **Visão Agrícola** 13.

FAOSTAT (2022) Data. **Crops and livestock products**. December 23, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em xx fev. 2023.

FIESP (2023) **Safra Mundial de Milho 2022/23** - 10º Levantamento do USDA. Informativo. Fevereiro de 2023.

GOSSE G, VARLET-GRANCHER C, BONHOMME R, CHARTIER M, ALLIRAND A, LEMAIRE G (1986) Maximum dry matter production and solar radiation intercepted by a canopy. **Agronomie** 6:47-56.

GROSSI MC, SILVA RF, ANDRADE CLT, JUSTINO F (2011) Influência da radiação solar e da temperatura do ar na produtividade potencial simulada do milho (Zeamays) em Sete Lagoas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...** Guarapari: CBM.

HOFIERKA J, SURI M (2002) The Solar Radiation Model for Open Source GIS: Implementation and Applications. In: OPEN SOURCE GIS-GRASS USERS CONFERENCE. **Proceedings...** Trento. 19 p.

HIPPS LE, ASRAR G, KANEMASU ET (1983) Assesing the intercepcion of photosynthetically active radiation in whinter wheat. **Agricultural Meteorology, Amsterdam** 28:253-259.

MANTOVANI EC, FILHO IAP, VIANA JHM, ALBUQUERQUE FILHO MR, OLIVEIRA MF, NETO MMG, ALVARENGA RC, MATRANGOLO WJR, CRUZ JC (2015) **Embrapa Milho e Sorgo - Sistemas de Produção**. Brasília: EMBRAPA (9. ed.).

GEROLINETO E (2005) **Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa no município de Jaboticabal - SP**. 47 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

JONES C, KINIRY J (1986) **Ceres-N Maize**: a simulation model of maize growth and development. Texas: A & M University Press. 194 p.

KONDRATYEV KY (1977) **Radiation regime of inclined surfaces**. Genebra; World Meteorological Organization. 82 p.

MADDONNI GA, OTEGUI ME, CIRILO AG (2001) Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research** 71:183-193.

MARCHÃO RL, BRASIL EM, XIMENES PA (2006) Intercepção da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 5.

MARCHÃO RL, BRASIL EM, DUARTE JB, GUIMARÃES CM, GOMES JA (2005) Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho em espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 35:93-101.

MOREIRA EP, VALERIANO MM (2013) Relação entre diferentes usos e coberturas da terra e declividade do terreno: implicações em conservação do solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE.

NORMAN JM, CAMPBELL GS (1989) Canopy structure. In: PEARCY RW, HLERINGER J, MOONEY HA, RUNDEL PW (Eds.) **Plant physiological ecology**: field methods and instrumentation. London: Chapman and Hall p. 301-326.

OLIVEIRA JLP, FURLANI CEA, TURCO JEP (2020) **Influência da declividade e exposição no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal.

NWOKOLO SC, OGBULEZIE JC, ALWELL JJS (2018) Relationship between photosynthetically active radiation with global solar radiation using empirical

model over selected climatic zones in Nigeria. **International Journal of Physical Research** 6:1-7.

ROMANO MR (2005) **Desempenho fisiológico da cultura do milho com plantas de arquitetura de contraste: parâmetros para modelos de crescimento**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANCHEZ RB, MARQUES JUNIOR J, PEREIRA GT, BARACAT NETO J, SIQUEIRA DS, SOUZA ZM (2012) Mapeamento das formas do relevo para estimativa de custos de fertilização em cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola** 32:1077-1090.

SCHÖFFEL ER, VOLPE CA (2002) Relação entre a soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 10:89-96.

TURCO JEP, PINOTTI JUNIOR M, RODRIGUES TJD, FERNANDES EJ (1997) Desenvolvimento da cultura de soja em terrenos com diferentes exposições e declividades. **Engenharia Agrícola** 17:21-28.

TURCO JEP, MILANI AP, FERNANDES EJ (2012) Adequacy of the Penman-Monteith method to irrigated surface with different exposures and declivity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, **Anais...** Valencia: CIGR – AGENG. CD Rom.

TURCO JEP, VIEIRA ACNT (2021) Momento de Irrigar a Cultura de Amendoim Utilizando a Termometria a Infravermelho. **Revista brasileira de meteorologia** 36.

UATE JV (2016) **Progresso genético e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VIEIRA ACNT, TURCO JEP (2019) **Déficit hídrico na cultura do amendoim em superfícies irrigadas sobre diferentes exposições e declividades**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal.