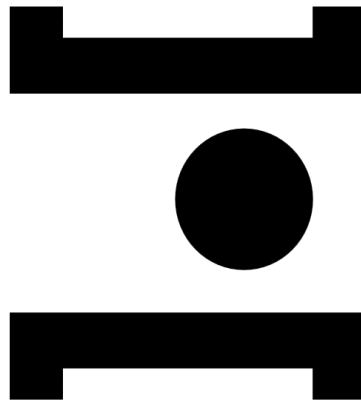


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM  
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM**



**POLITÉCNICO  
DE SANTARÉM**

**DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO MILHO (ZEA MAYS L.).  
AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE  
ÁREA FOLIAR**

**MESTRADO EM ENGENHARIA AGRONÓMICA**

**ANTÓNIO FRANCISCO MAGALHÃES VANCONCELOS E SOUSA DE  
MENDONÇA**

**ORIENTAÇÃO:**

**ARTUR JOSÉ GUERRA AMARAL**

SANTARÉM

2024



## **AGRADECIMENTOS**

A elaboração desta dissertação, só foi possível graças à instituição e a várias pessoas, e que lhes estou muito agradecido.

Ao professor Artur Amaral, mas também a todos os professores, pela paciência e disponibilidade que mostraram não só para a realização da dissertação como ao longo de todo o meu percurso na ESAS.

Quero agradecer, em especial, à minha família por me ter proporcionado as condições de formação académica, bem como, na vida pessoal e até mesmo como pessoa. Agradeço a alguns dos meus colegas, que me ajudaram em termos académicos e que me proporcionaram tão bons e divertidos momentos dentro e fora da universidade.

## **ACRÓNIMOS/SIGLAS**

AP - Agricultura de Precisão

AF – Área Foliar

DAS – Dias Após a Sementeira

GD – Graus Dia

IAF- Índice de Área Foliar

IVP – Infravermelho Próximo

MST – Matéria Seca Total

MSF – Matéria Seca das Folhas

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR - Infravermelho Próximo

PMG – Peso de Mil Grãos

P 1441 – Variedade P 1441 de ciclo FAO 600

P 0937 – Variedade P 9373 de ciclo FAO 500

RFA – Radiação Fotossinteticamente Ativa

SEF – Superfície Específica Foliar

UAV – “Unmanned Aerial Vehicle”

VIS – Região Visível do Ultravioleta

## RESUMO

Este estudo centrou-se na análise da matéria seca total (MST), índice de área foliar (IAF) e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em duas variedades de milho (P1441 e P0937) estabelecidas numa parcela pertencente à exploração Quinta do Campo.

Foram recolhidas aleatoriamente 8 plantas de cada variedade aos 33, 40, 49, 64, 83, 121, 144 e 155 dias após a sementeira (DAS) para quantificação da matéria seca após a sua secagem em estufa ventilada. Realizaram-se 8 leituras em 4 locais em cada variedade, utilizando um ceptómetro para monitorizar as alterações do IAF ao longo do ciclo cultural. Estes valores do IAF foram correlacionados com a biomassa e com o NDVI. O IAF foi, ainda, estimado através da matéria seca das folhas (MSF) e da superfície foliar específica.

Foi observada uma fraca correlação entre o IAF e a MST para o ciclo da cultura. No entanto, existiu uma correlação positiva entre estes parâmetros até à floração. A MSF obtida através da superfície específica foliar ( $210 \text{ cm}^2/\text{g}$  de folha seca) revelou ser um bom estimador do IAF calculado pelo ceptómetro. Acedendo à plataforma “OneSoil”, obtiveram-se imagens de NDVI ao longo do ciclo cultural, sendo que os valores deste índice também foram correlacionados com os parâmetros mencionados. O NDVI foi capaz de representar as alterações do IAF ao longo do ciclo, foi obtida uma melhor correlação na variedade P 0937. Nesta variedade, os níveis mais elevados de NDVI estiveram associados a aumentos do IAF, com o NDVI máximo atingido na fase floração, coincidindo com o IAF máximo. Após a floração, ambos os parâmetros diminuíram progressivamente até ao final do ciclo. Em relação à correlação entre o NDVI e a MST os valores máximos mais elevados de NDVI até à floração também se associaram a uma maior produção de MST no final do ciclo. Após a floração, desde o enchimento do grão até ao final do ciclo, o NDVI diminuiu progressivamente. Deste modo, o NDVI pode servir como um indicador fiável da produção de biomassa da cultura.

**Palavras chave:** Matéria Seca Total, Ceptómetro, Índice Área Foliar, NDVI, Produtividade.

## ABSTRACT

This study focused on the analysis of dry matter (DM), leaf area index (LAI), and normalized difference vegetation index (NDVI) in two maize varieties (P1441 and P0937) established in a plot belonging to Quinta do Campo farm.

Eight plants from each variety were collected at 33, 40, 49, 64, 83, 121, 144, and 155 days after sowing (DAS) to quantify dry matter by weighing the plants after oven-drying them. Using a ceptometer, 8 readings were taken at 4 points within each variety at the specified intervals to monitor changes in LAI throughout the crop cycle and to correlate it with biomass and NDVI, as well as to estimate LAI based on leaf dry matter (LDM).

A weak correlation was observed between LAI and total dry matter (TDM) over the entire crop cycle. However, there was a correlation between these parameters until flowering. Leaf dry matter, calculated using a specific leaf area (SLA) of 200 m<sup>2</sup>/g of dry leaf, proved to be a good estimator of LAI calculated with the ceptometer. Accessing the “OneSoil” platform, NDVI images were obtained throughout the cycle, and these NDVI levels were also correlated with the parameters mentioned. NDVI was able to represent changes in LAI over the cycle; however, a better correlation was found in variety P0937. In this variety, higher NDVI levels were associated with increases in LAI, with maximum NDVI reached at flowering, coinciding with maximum LAI. After flowering, both parameters decreased progressively until the end of the cycle. Regarding the correlation between NDVI and total dry matter (TDM), the highest NDVI values until flowering were also associated with greater TDM production at the end of the cycle. After flowering, from grain filling to the end of the cycle, NDVI gradually decreased, serving as a reliable indicator of the crop’s photosynthetic activity.

**Key-words:** Total Dry Matter, Ceptometer, Leaf Aerea Indice, NDVI, Yield.

## **ÍNDICE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.1 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.2 MÉTODOS DIRETOS DE CÁLCULO DO IAF.....</b>                                  | <b>14</b> |
| <b>3.3 MÉTODOS INDIRETOS DE CÁLCULO DO IAF .....</b>                               | <b>15</b> |
| <b>3.3.1 Imagens Hemisféricas .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>3.3.2 Ceptómetro e Radiação .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>3.3.3 NDVI.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.4 AVALIAÇÃO DA AF NA CULTURA DO MILHO .....</b>                               | <b>19</b> |
| <b>3.5 CÁLCULO DO IAF NA CULTURA DO MILHO.....</b>                                 | <b>21</b> |
| <b>3.6 RELAÇÃO ENTRE A AF E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA .....</b>                     | <b>23</b> |
| <b>3.7 RELAÇÃO ENTRE O IAF E A PRODUÇÃO DE MS NA CULTURA DO MILHO .....</b>        | <b>25</b> |
| <b>3.8 O NDVI E A PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO.....</b>                       | <b>27</b> |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>4.1 LOCALIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL.....</b>                                  | <b>31</b> |
| <b>4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>4.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E ELEMENTOS METEOROLÓGICOS .....</b>                | <b>32</b> |
| <b>4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....</b>  | <b>33</b> |
| <b>4.5 ITINERÁRIO TÉCNICO CULTURAL .....</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>4.6 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIEDADES.....</b>                                      | <b>36</b> |
| <b>5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>                               | <b>37</b> |
| <b>5.1 AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO PRODUTIVA .....</b>                                  | <b>37</b> |
| <b>5.2 EVOLUÇÃO E REPARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA AO LONGO DO CICLO DA CULTURA.....</b> | <b>37</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5.3 EVOLUÇÃO DO IAF .....</b>                                    | <b>41</b> |
| <b>5.4 ESTIMATIVA DO IAF.....</b>                                   | <b>43</b> |
| <b>5.5 EFEITO DAS VARIEDADES NOS COMPONENTES DO RENDIMENTO.....</b> | <b>44</b> |
| <b>5.5 RELAÇÃO ENTRE O IAF E A MS.....</b>                          | <b>46</b> |
| <b>5.6 RELAÇÃO ENTRE O NDVI E O IAF.....</b>                        | <b>48</b> |
| <b>5.7 RELAÇÃO ENTRE O NDVI E A MST .....</b>                       | <b>51</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                          | <b>55</b> |
| <b>8. ANEXO.....</b>  | <b>59</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1:</b> Pormenor do Medidor de AF Li-cor .....   | 14 |
| <b>Figura 2:</b> Pormenor do Ceptómetro .....   | 17 |
| <b>Figura 3:</b> Relação entre o NDVI e IAF .....   | 19 |
| <b>Figura 4:</b> Folha de milho inserida num retângulo definido pelo C e L do limbo foliar .....  | 19 |
| <b>Figura 5:</b> IAF das 3 variedades tratamento II nas respetivas datas de sementeira .....  | 23 |
| <b>Figura 6:</b> Estados Fenológicos da Cultura do Milho.....   | 23 |
| <b>Figura 7:</b> Evolução do IAF e NDVI ao longo do ciclo cultura .....   | 28 |
| <b>Figura 8:</b> NDVI em função do IAF .....  | 28 |
| <b>Figura 9:</b> <i>Produção de MST em função da RFAI<sub>ac</sub> com valores de IAF estimados.....</i>  | 29 |
| <b>Figura 10:</b> Relação entre NDVI e IAF .....  | 30 |
| <b>Figura 11:</b> Localização da parcela do campo de ensaio (39°1'13,84"N; 8°56'56,55"W) .  | 31 |
| <b>Figura 12:</b> Termopluviograma com elementos da temperatura máxima, média e mínima e precipitação diária.....                                       | 33 |
| <b>Figura 13:</b> Aspeto geral de caixas de alumínio com os grãos de cada planta para determinação do PMG, teor de humidade e posterior peso seco ..... | 34 |
| <b>Figura 14:</b> Pormenor da sementeira da parcela em estudo, no dia 15 de maio de 2024  | 35 |
| <b>Figura 15:</b> Aspeto da parcela experimental em pós colheita no dia 22 de outubro de 2024 .....   | 35 |
| <b>Figura16:</b> Evolução da MS ao longo do ciclo cultural de ambas as variedades .....   | 38 |
| <b>Figura 17:</b> Repartição da MS na variedade P 1441 .....  | 38 |
| <b>Figura 18:</b> Repartição da MS na variedade P 0937 .....  | 39 |
| <b>Figura 19:</b> Evolução do IAF calculado por meio do ceptómetro ao longo do ciclo das duas variedades.....   | 41 |
| <b>Figura 20:</b> Análise de Regressão para o IAF Real e IAF Estimado.....  | 43 |
| <b>Figura 21:</b> Representação da evolução do IAF Estimado ao longo do ciclo.....  | 44 |
| <b>Figura 22:</b> Regressão Linear entre o IAF e MST dos 33 aos 83 DAS para a variedade P 1441 .....  | 46 |
| <b>Figura 23:</b> Regressão Linear entre o IAF e MST dos 33 aos 83 DAS para a variedade P 0937 .....  | 46 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 24:</b> Evolução dos níveis de NDVI e respetivo valor máximo fornecido pela plataforma "OneSoil", referente à variedade P 1441 ..... | 49 |
| <b>Figura 25:</b> Evolução dos níveis de NDVI e respetivo valor máximo fornecido pela plataforma "OneSoil", referente à variedade P 0937 ..... | 49 |
| <b>Figura 26:</b> <i>Análise de regressão entre IAF e NDVI para a variedade P 1441</i> .....   | 50 |
| <b>Figura 27:</b> Análise de regressão entre o IAF e NDVI para a variedade P 0937 .....  | 50 |
| <b>Figura 28:</b> Análise de Regressão entre o NDVI e MST dos 33 aos 83 DAS, para a variedade P 1441 .....                                     | 52 |
| <b>Figura 29:</b> Análise de Regressão entre o NDVI e MST dos 33 aos 83 DAS, para a variedade P 0937 .....                                     | 52 |

#### **INDICE DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1-</b> IAF em V6, V8, Floração e Maturação, peso seco do grão e total das 6 variedades de milho, Sete Lagoas, MG .....     | 25 |
| <b>Tabela 2-</b> IAF em V6, V8, Floração, Maturação, Peso seco do grão e total das respetivas variedades, Nova Porteirinha, MG ..... | 26 |
| <b>Tabela 3:</b> Relação entre IAF no estágio da floração e produtividade das respetivas variedades.....                             | 26 |
| <b>Tabela 4:</b> Resultado da análise de solo das parcelas do campo de ensaio .....  | 32 |
| <b>Tabela 5:</b> Avaliação da população aos 21 e 155 DAS .....   | 37 |
| <b>Tabela 6:</b> Número de folhas verdes e senescentes/pl obtido em seu valor médio ao longo do ciclo.....                           | 39 |
| <b>Tabela 7:</b> Comparação Estatística da MST e MS Grão aos 155 DAS.....  | 40 |
| <b>Tabela 8:</b> Comparação Estatística para o rendimento em grão e teor de humidade.....  | 40 |
| <b>Tabela 9:</b> Comparação Estatística do IAF obtido pelo ceptómetro entre variedades .....   | 41 |
| <b>Tabela 10:</b> Comparação Estatística entre variedades para as folhas verdes/planta .....   | 42 |
| <b>Tabela 11:</b> Comparação Estatística entre o IAF Real e IAF Estimado .....   | 43 |
| <b>Tabela 12:</b> Comparação entre variedades para o nº de grãos/m <sup>2</sup> .....  | 44 |
| <b>Tabela 13:</b> Comparação entre variedades para o nº de grãos/esp.....  | 45 |
| <b>Tabela 14:</b> Comparação entre variedades para o PMG.....  | 45 |
| <b>Tabela 15:</b> Níveis de NDVI obtidos pelas variedades analisadas dos 33 aos 155 DAS ..   | 48 |
| <b>Tabela 16:</b> Comparação Estatística entre variedades para os níveis de NDVI.....  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 17:</b> Contagem de plantas em ambas as variedades aos 21 DAS.....  | 59 |
| <b>Tabela 18:</b> Contagem de plantas em ambas as variedades na maturação de colheita (155 DAS).....                          | 59 |
| <b>Tabela 19:</b> Valores obtidos de MS (g/pl), MST (Kg/ha), IAF Estimado para a variedade P 1441 dos 33 aos 155 DAS .....    | 60 |
| <b>Tabela 20:</b> Valores obtidos de MS (g/pl), MST (Kg/ha), IAF Estimado para a variedade P 0937 dos 33 aos 155 DAS .....    | 60 |
| <b>Tabela 21:</b> Leitura do ceptómetro aos 33 DAS.....   | 61 |
| <b>Tabela 22:</b> Leitura do ceptómetro aos 49 DAS.....   | 61 |
| <b>Tabela 23:</b> Leitura do ceptómetro aos 64 DAS.....   | 62 |
| <b>Tabela 24:</b> Leitura do ceptómetro aos 83 DAS.....   | 62 |
| <b>Tabela 25:</b> Leitura com o ceptómetro aos 121 DAS .....  | 63 |
| <b>Tabela 26:</b> Leitura do ceptómetro aos 141 DAS.....  | 63 |
| <b>Tabela 27:</b> Leitura como ceptómetro aos 155 DAS .....   | 64 |
| <b>Tabela 28:</b> Número obtido em cada planta de folhas verdes e senescentes dos 33 aos 155 DAS em ambas as variedades ..... | 65 |
| <b>Tabela 29:</b> Componentes do rendimento obtidos aos 155 DAS para a variedade P 1441 .....                                 | 65 |
| <b>Tabela 30:</b> Componentes do rendimento obtidos aos 155 DAS para a variedade P 0937 .....                                 | 66 |

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho apresenta elevada representatividade na região da Lezíria do Tejo. Destina-se essencialmente à produção de grão e forragem para a alimentação animal. Segundo os dados da ANPROMIS (2023) na região de Lisboa e Lezíria do Tejo, na campanha de 2023, destinaram-se à produção de grão 109 104 ha e cerca de 2 836 ha para produção de forragem, atingindo-se atualmente em condições favoráveis de solo, humidade, radiação e temperatura, entre as 14 e 16 t de grão seco/ha e 60 a 70 t de forragem/ha. A rendibilidade da cultura do milho, está muito dependente do aumento da produtividade, dada a volatilidade dos preços e aumento significativo do custo dos fatores de produção. Por essa razão, o aumento da rendibilidade desta cultura passa pela sustentabilidade (numa perspetiva económica, ambiental e social) sendo esse o grande passo para a produção de milho com sucesso. Nesse âmbito, a Agricultura de Precisão (AP), tem sido uma das tecnologias com maior incremento nos últimos anos.

A maior disponibilidade de imagens obtidas por satélite e da informação em tempo quase real do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI), permite um melhor acompanhamento do desenvolvimento e estado de vigor das culturas, bem como um melhor apoio aos técnicos e produtores na tomada de decisão relativamente à condução da cultura.

No entanto, apesar da maior disponibilidade da informação fornecida pelo acesso a plataformas e serviços prestados por empresas ao nível do NDVI, é importante a obtenção de dados relativos ao crescimento e desenvolvimento real das culturas em geral, e em particular na cultura do milho, de forma que se possam correlacionar estes dados com os valores obtidos a partir de imagens adquiridas à distância, por drone (UAV - “Unmanned Aerial Vehicle”) ou por satélite.

Um dos aspetos mais relacionado com o desenvolvimento e o crescimento das culturas é o Índice de Área Foliar (IAF), definido pela área foliar (AF), existente por unidade de terreno. Um maior IAF na cultura do milho, permite uma maior interceção da radiação e deste modo, maior produção de assimilados através de processos de assimilação, permitindo alcançar incrementos de produtividade em milho grão (Andrade *et al.*, 2007). Amaral (Comunicação pessoal, 2018), refere que, esta interceção é então muito relevante na cultura do milho, que apresenta um metabolismo fotossintético em C4 e um porte mais ereto da sua canópia.

## 2. OBJETIVOS

Com a elaboração desta dissertação, pretende-se avaliar o crescimento e o desenvolvimento de duas variedades de milho para grão, ciclo FAO 600 (P 1441) e ciclo FAO 500 (P 0937). Pretende-se ainda estabelecer correlações entre o IAF com a MST, determinando o IAF através de um ceptómetro, e realizando a estimativa do IAF a partir da MSF e Superfície Específica Foliar, correlacionando-os com o NDVI.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Segundo Sakaguchi (2020), o IAF, é um dos parâmetros mais relacionado com o desenvolvimento e crescimento das culturas, definido pela AF existente por unidade de terreno. Considera-se importante analisar o IAF pelas seguintes razões: permite analisar a eficiência da radiação interceptada pelas plantas favorável ao crescimento e produtividade; pode ser utilizado para quantificar o nível de competição da cultura com infestantes; está relacionado com as fases de desenvolvimento (estados fenológicos), bem como a arquitetura e taxas de transpiração das plantas. Este parâmetro é também influenciado pelas características biológicas, químicas e físicas do solo, estado nutricional das plantas, ataques de pragas, doenças e infestantes, metabolismo fotossintético bem como pelas condições climáticas (temperatura, humidade, granizo).

O IAF pode ser quantificado a partir de métodos diretos ou indiretos.

#### 3.2 MÉTODOS DIRETOS DE CÁLCULO DO IAF

Através de equipamentos portáteis como o “Li-Cor” (Fig. 1), mede-se a AF *in situ*, diretamente e com base nesta, estima-se o IAF.

**Figura 1:** Pormenor do Medidor de AF “Li-cor”



**Nota:** Adaptado de Sakaguchi (2020)

Sendo as principais vantagens da utilização deste método: permitir a análise de todas as folhas; permitir avaliar a AF separadamente de espécies diferentes; permitir analisar estruturas vegetais baixas.

Como principais desvantagens deste método, pode mencionar-se a exigência de analisar todas as folhas, inclusive das folhas inferiores que não contribuem da mesma forma para a fotossíntese, poder ser destrutivo, assim como ser um método trabalhoso.

Também se pode recorrer a métodos destrutivos, através da colheita de folhas. Este método é utilizado essencialmente em espécies vegetais que perdem as folhas em determinada época do ano. O método é baseado no conhecimento da área foliar específica (AFE –  $\text{cm}^2/\text{g}$  de MS). Com base na área colhida, determina-se a MS das folhas numa estufa de secagem ventilada, até peso constante, à temperatura de 60 a 80°C. Posteriormente pesa-se a MS, estimando-se a MS/área de terreno e multiplica-se esse valor pela AFE SEF ( $\text{cm}^2/\text{g}$  de MS).

Recorrer a métodos destrutivos pode ser mais acessível, no entanto exige o conhecimento prévio da SEF a qual varia consoante o local, hora, época e data do ano, bem como com as condições climáticas. Exige ainda a separação das folhas das diferentes espécies e é um processo demorado.

### **3.3 MÉTODOS INDIRETOS DE CÁLCULO DO IAF**

De acordo com o mesmo autor, a radiação tem três destinos sobre as plantas: parte da que incide sobre o coberto vegetal é transmitida (a quantidade de radiação transmitida pelas plantas é baixa quando o IAF é elevado e vice-versa), outra parte que incide sobre as plantas é absorvida (quando o IAF é elevado, a quantidade de radiação absorvida pelas plantas é elevada e vice-versa), por último a restante parte é refletida (se o IAF for elevado, a refletância é baixa no visível e alta no NIR e vice-versa).

A arquitetura das plantas, altera a interação na faixa do espectro luminoso e a abertura do coberto vegetal, altera a quantidade de radiação transmitida, absorvida e refletida.

Os métodos indiretos recorrem quase sempre a instrumentos que quantificam a quantidade de radiação incidente na canópiã ou que chega à superfície do solo. Entre os diversos métodos podem-se mencionar: a recolha de imagens hemisféricas

e a quantificação da quantidade de radiação fotossintética ativa interceptada pela canópis, método da grelha e NDVI.

### **3.3.1 Imagens Hemisféricas**

As imagens hemisféricas são obtidas através de câmaras ou outros equipamentos que, analisam a radiação e a sombra em diversos ângulos.

O IAF é obtido com base na interceção da radiação e na arquitetura vegetal. Este método apresenta como desvantagens: a necessidade de ausência de sol, sombra e ou nuvens na imagem, o valor é subjetivo, e não se recomenda utilizar em estruturas vegetais baixas. No entanto é possível analisar o IAF em estruturas vegetais de elevada estatura como no caso das árvores e ainda fornecem outros dados para além do IAF.

### **3.3.2 Ceptómetro e Radiação**

O ceptómetro (**Fig. 2**), mede a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida pelas folhas para realizar fotossíntese, isto é, a RFA acima e abaixo do coberto vegetal, permite calcular o IAF, através da lei da extinção da radiação na canópis de Mosi & Saeki (1953) (cit. Hirose, T., 2005). Este equipamento é utilizado para analisar a capacidade de interceção da radiação fotossintética ao longo do ciclo fenológico das culturas.

**Figura 2:** Pormenor do Ceptómetro



*Nota: Adaptado de Sakaguchi (2020)*

Ainda de acordo com Sakaguchi (2020), a RFA é definida como a radiação na faixa de 400 a 700 nm, que é a quantidade de radiação utilizada pelas plantas para realizar a fotossíntese sendo medida em  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .

O ceptómetro, mede o IAF, por meio das equações de Guardiaan [1], Norman [2] e Campbell [3] com base nos seguintes dados:

$\tau$  - Abaixo/acima (Tau) - Leituras de RFA;  $z$  - Ângulo Zénite do Sol;  $F_b$  - Fração de Radiação Direta;  $\chi$  - Parâmetro de Distribuição Foliar;  $K$  - Coeficiente de Extinção;

$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{K} \quad [1]$$

$$IAF = \frac{\text{Ln}\left(\frac{I_0}{I}\right)}{k} \quad [2]$$

$$IAF = -\frac{\text{Ln}\left(\frac{I}{I_0}\right)}{G(\theta)} \quad [3]$$

$$\text{Ou } IAF = \frac{\text{Área Foliar Total}}{\text{Área de solo}} \quad [4]$$

E segundo a equação de Mosi e Saeki, a RFA calcula-se com base nos seguintes dados:

$I_0$  - Radiação incidente acima do coberto vegetal;  $I$  - Radiação transmitida abaixo do coberto vegetal;  $K$  - Coeficiente de extinção da radiação;  $G(\theta)$  - Função de projeção da folha, que depende do ângulo  $\theta$  da radiação solar em relação à folha;

Este método apresenta como vantagens: não ser destrutivo, de utilização económica, fácil de utilizar e bastante leve. Contudo, é necessário realizar leituras acima e abaixo do coberto

vegetal em simultâneo e em dias limpos o que, em estruturas vegetais altas, pode causar alguns problemas na atualização dos dados acima do coberto vegetal.

### 3.3.3 NDVI

Os valores do NDVI, servem para quantificar a presença e o vigor do coberto vegetal ao longo do ciclo das culturas (Leivas *et al.*, 2013).

As respetivas imagens de NDVI permitem acompanhar o desenvolvimento das culturas agrícolas nos respetivos estados fenológico, desse modo é possível realizar análises quantitativas e qualitativas das culturas até à colheita.

De acordo com Deppe *et al.*, (2007), este índice normaliza a dispersão da radiação pelas folhas verdes e calcula-se a partir da diferença entre a refletância da radiação de comprimento de onda vermelho e a refletância de radiação infravermelha (NIR) do coberto vegetal (cit. de Leivas *et al.*, 2013).

Ou seja, quanto maior o valor do NDVI, maior será a atividade fotossintética e percentagem de coberto vegetal. A faixa de níveis de NDVI varia entre -1 e 1, da seguinte forma: valores negativos de NDVI (valores próximos de -1) correspondem à água; valores próximos de zero (-0,1 a 0,1) geralmente correspondem a zonas áridas de rocha, areia ou neve; valores baixos e positivos representam arbustos e pastagens (aproximadamente 0,2 a 0,4); valores altos para florestas temperadas e tropicais (valores próximos de 1).

O NDVI foi desenvolvido por Rouse *et al.*, (197) e segundo Sakaguchi (2020) calcula-se através da seguinte equação [5]:

$$NDVI = \frac{\rho_{ivp} - \rho_{verm}}{\rho_{ivp} + \rho_{verm}} \quad [5]$$

$$\rho = \frac{\text{Radiação refletida}}{\text{Radiação incidente}}$$

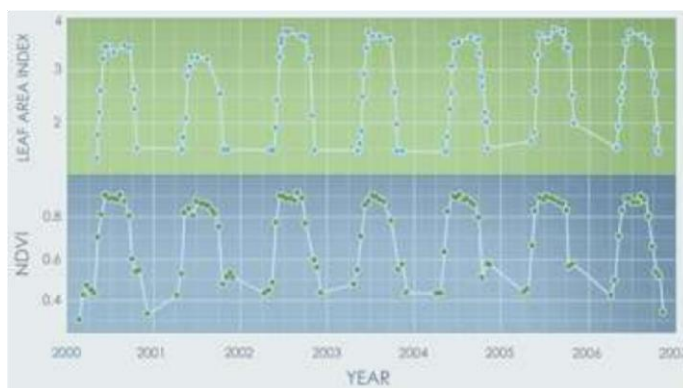
$\rho_{ivp}$  – Refletância no infravermelho próximo;

$\rho_{verm}$  – Refletância no encarnado visível;

Quando o IAF é elevado, a refletância é baixa no visível e elevada no infravermelho próximo (NIR ou IVP). Ou seja, quanto maior o nível de NDVI, maior será o IAF (**Fig. 3**) e a RFA, pois o IAF é um dos parâmetros que mais relacionado com a fisiologia das culturas, sendo

também considerado o parâmetro agronômico que mais se correlaciona com a refletância do coberto vegetal de Soares *et al.*, 2001 (cit. de Silva *et al.*, 2009).

**Figura 3: Relação entre o NDVI e IAF**



**Nota:** Adaptado de Sakaguchi (2020)

### 3.4 AVALIAÇÃO DA AF NA CULTURA DO MILHO

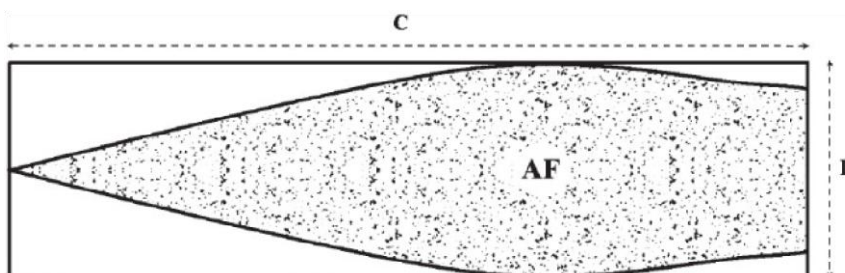
Segundo Mondo *et al.*, (2009), a AF é um dos principais parâmetros para quantificar o crescimento das culturas. Visto que a AF, está relacionada com a Fotossíntese, Respiração e Transpiração das plantas (Stewart & Dwyer, 1999; Carvalho & Christoffoleti, 2007).

Na cultura do milho a AF pode ser obtida por meio de medidas lineares das folhas, como o comprimento (C) e largura (L), ou utilizando um coeficiente de ajuste ( $\alpha$ ) que representa a proporção média da área real da folha em proporção à área do retângulo de acordo com a seguinte equação [6]

$$AF = \alpha * C * L \quad [6]$$

Sendo a AF, estimada a partir da introdução de uma folha de milho num retângulo (**Fig. 4**).

**Figura 4: Folha de milho inserida num retângulo definido pelo C e L do limbo foliar**



**Nota:** Adaptado de Mondo *et al.*, (2009)

Os autores, referem que a AF, na cultura do milho pode ser calculada através do número total de folhas (N), obtendo-se estimativas da AF total das plantas de milho ( $\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$ ) através dos seguintes métodos:

1. Utilizando apenas uma folha como referência para estimar a AF da planta toda com N folhas [7]:

$$AF_N = a \cdot C_n \cdot L_n \quad [7]$$

2. Ajuste independente para cada folha [8]:

$$AF_N = \sum_{n=1}^N a_n \cdot C_n \cdot L_n \quad [8]$$

3. Ajuste para cada estado fenológico [9]:

$$AF_N = \sum_{n=1}^N a_N \cdot C_n \cdot L_n \quad [9]$$

4. Método tradicional, Montgomery (1911) [10]:

$$AF_N = \sum_{n=1}^N 0,75 \cdot C_n \cdot L_n \quad [10]$$

O método, será mais válido, quanto mais elevado for o valor de  $R^2$ , neste estudo, todas as equações baseadas no C e L, apresentaram uma boa correlação com a AF real, apesar de  $\alpha$  ter variado entre folhas e estados fenológicos, não existindo um valor de  $\alpha$  estabelecido e válido para qualquer variedade, estado fenológico ou clima.

Na prática o método 4, equação [10], foi considerado o mais fácil de executar, apesar dos métodos 2 e 3, equação [8] e [9], serem de maior precisão, mas mais trabalhosos em contrapartida.

Ainda assim, é importante referir, que caso se detetem diferenças significativas no número de folhas entre tratamentos e não apenas na AF, o método não se recomenda, pois, os erros poderão aumentar substancialmente segundo Ellings, 2000 (cit. de Mondo *et al.*, 2009).

Mondo *et al.*, (2009), refere ainda que é importante realizar outros estudos, com o objetivo de comparar outras variedades sob condições ambientais distintas e em vários estados

fenológicos. E que ao estimar a AF na cultura do milho com métodos não destrutivos, se deve corrigir esta equação para as condições a que o ensaio é submetido. Sugerem por esse mesmo motivo, a recolha de cerca de 25 plantas, para se obterem medidas do C e L máxima da penúltima folha mais nova e da AF de toda a planta, com vista a obter o  $R^2$ .

### 3.5 CÁLCULO DO IAF NA CULTURA DO MILHO

Muller *et al.*, (2005) criaram um modelo para estimar o IAF, com base no somatório de temperaturas. Este modelo, tem a capacidade de representar a evolução do IAF ao longo do ciclo e mostra a importância do IAF nas épocas mais críticas da cultura como a floração, por maior capacidade de interceção da RFA, maiores exigências hídricas e térmicas. O modelo foi ajustado com dados referentes às campanhas 93/94, 95/96 e validado com os de 96/97, 97/98 e 98/99. Os autores utilizaram duas variedades híbridas de ciclo curto, uma nos quatro primeiros anos e outra nos últimos dois anos.

O IAF, foi obtido através do ajuste das médias dos dados semanais, em quatro plantas por cada uma das cinco repetições, calculando o IAF pela seguinte equação [11]:

$$IAF = \frac{AF}{S} \quad [11]$$

A AF foi obtida pelo produto da MSF de quatro plantas pela SEF média. S é a área de terreno ocupada pelas quatro plantas. SEF obtém-se dividindo a área de folhas verdes de uma planta, medida por um medidor de AF (modelo LI 3000), pela respetiva MSF.

Segundo o autor, a cultura do milho, apresenta um aumento acentuado do IAF até à floração, após a floração, o IAF vai diminuindo devido à senescência e consequente queda das folhas. Sendo importante obter valores de IAF mais elevados na floração, pois trata-se da época mais crítica do ciclo.

Segundo Adami (, 2022), na cultura do milho, o somatório de temperaturas, é o que define a passagem de um estado fenológico para outro. Sendo este dado pela equação [12]:

$$GD = \frac{(T_{máx} + T_{min})}{2} - Tb \quad [12]$$

Em que Tb, é a temperatura base da cultura do milho, assumindo o valor de 10°. De referir, ainda que a nutrição da planta através da absorção e utilização dos nutrientes disponíveis no solo, estado hídrico e fotossintético, também são condicionados pelo somatório de temperatura.

Manfron *et al.*, (2003), desenvolveu um modelo para calcular o IAF com base na altura das plantas, com vista a analisar as respetivas alterações do IAF ao longo do ciclo, considerando o somatório de temperatura.

Para calibrar o modelo, os autores calcularam o IAF de cada variedade e em cada recolha de plantas com base na equação [13] recolhendo dados de quinze plantas a cada quinze dias desde a emergência à maturação.

$$IAFi,j = \frac{MSFi,j * SEFi,j * Pi}{10^4} \quad [13]$$

Em que:

MSF - Matéria Seca da Folha (g); SEF - Superfície Específica Foliar (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>); Pi - População de plantas (plantas m<sup>-2</sup>);

A AF foi calculada mediante a metodologia de Fancelli & Dourado Neto, (2000) com base na equação [14]:

$$AF = C * L * FC \quad [14]$$

Em que:

C - Comprimento de cada folha; L - Largura de cada folha; FC - Fator de correção (0,7).

Os autores referem ainda que o IAF pode ser descrito por uma função quadrática da altura da planta, pois após ser alcançado o ponto máximo de altura e IAF, é alcançado o porte máximo da cultura com o IAF já em decréscimo, devido à redução da atividade fotossintética, pela perda de AF, devido à senescência e consequente queda das folhas mais velhas, bem como migração de assimilados para a maçaroca.

No segundo tratamento a variedade I e II, atingiram o pico de IAF aos 60 dias após a emergência (DAE), e o início do decréscimo do IAF aos 75 DAE e a III aos 90 DAE (**Fig. 5**).

Sendo importante referir, como a fotossíntese depende da AF, o rendimento do milho aumenta quanto mais cedo a cultura alcançar o seu pico máximo de IAF (Pereira & Machado, 1987).

**Figura 5:** IAF das 3 variedades tratamento II nas respectivas datas de sementeira

| DAE | I           | II          | III         |
|-----|-------------|-------------|-------------|
| 15  | 0,10        | 0,08        | 0,08        |
| 30  | 0,82        | 0,59        | 0,56        |
| 45  | 3,07        | 2,32        | 2,62        |
| 60  | <b>3,54</b> | <b>4,16</b> | 3,02        |
| 75  | 3,31        | 3,38        | <b>3,05</b> |
| 90  | 0,96        | 3,05        | 1,81        |
| 105 | 0,02        | 1,35        | 0,30        |
| 120 |             | 0,23        |             |

**Nota:** Adaptado de Manfron et al., (2003)

### 3.6 RELAÇÃO ENTRE A AF E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Sangoi *et al.*, (2007), analisaram o impacto do aumento da densidade de sementeira, sobre a AF durante o enchimento do grão e na produtividade em duas variedades: a “Ag 303” (variedade de folhas decumbentes) e a “Speed” (variedade de folhas semieretas).

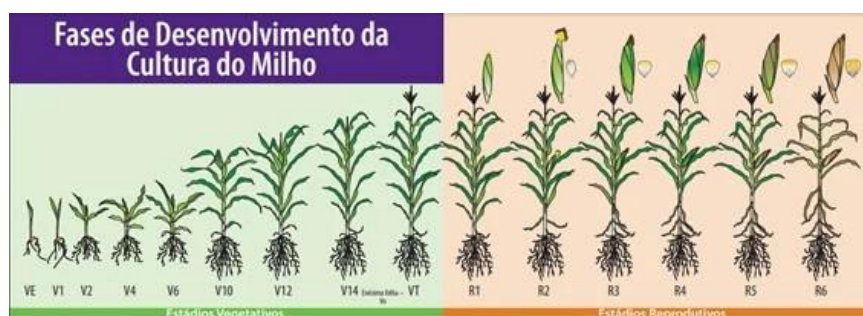
As variedades foram testadas em subparcelas com cinco populações de plantas, 25 000, 50 000, 75 000, 100 000 e 125 000 plantas/ha.

A AF, foi medida, quando mais de 75% das plantas atingiram o estágio de estigmas visíveis (R1), medindo-a também nos estádios R2, R3, R4 e R5 (**Fig. 6**), analisando cinco plantas por subparcela a cada 14 dias. A AF foi calculada pelo método de Tollenaar (1992), com base na equação [15]:

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad [15]$$

Já a AF total/planta, foi calculada através do somatório da AF da totalidade das folhas de cada planta.

**Figura 6:** Estados Fenológicos da Cultura do Milho



**Nota:** Adaptado de Ciampitti; Elmore; Lauer, (2016)

Os grãos foram pesados para determinar o rendimento expresso em 13% de humidade, assim como o número de grãos/m<sup>2</sup>, submetendo os resultados à análise de variância.

As diferenças entre tratamentos foram analisadas quando se detetaram diferenças significativas, através da análise de regressão polinomial, testando-se o modelo linear e quadrático, para eleger o modelo a partir do coeficiente de determinação, cujo coeficiente de determinação fosse o mais próximo possível de 1.

O rendimento em grão das duas variedades aumentou quadraticamente com o aumento da população. Atendendo à média das cinco populações, e a AF média da variedade de folhas semieretas foi sempre superior à AF da variedade de folhas decumbentes.

Por cada adensamento de 10 000 plantas/ha, a variedade de folhas semieretas obteve um número de grãos/m<sup>2</sup> superior ao da variedade de folhas decumbentes. Pois segundo os autores, o número de grãos é fortemente influenciado pelo número de plantas /m<sup>2</sup>, e tem marcada influencia no rendimento em grão, sendo um dos componentes que mais condicionam o rendimento (Vega & Andrade *et al.*, 2001).

Sangoi *et al.*, (2007), verificou ainda que a AF diminuiu com o aumento da densidade em ambas as variedades, provavelmente devido ao aumento da competição entre plantas por água, luz e nutrientes, antecipando a entrada em senescência (Valentinuz & Tollenaar, 2004). Sendo que no ponto de vista dos autores o que, antecipa a entrada em senescência, não é o número de plantas, mas sim a disponibilidade de recursos. Pois, o período de atividade das folhas no enchimento do grão está fortemente dependente da disponibilidade de foto assimilados até à floração. O que antecipa a entrada em senescência, é o excesso e ou a falta de sintetizados para satisfazer as necessidades da cultura na época reprodutiva (Thomas, 1992).

O mesmo, concluiu que a variedade de folhas decumbentes, apresentou sempre maior AF no terço superior da planta, pois em variedades de folhas decumbentes, a interceção da radiação solar em alta densidade nas folhas inferiores é menor, devido ao ensombramento entre plantas, o que prejudica a utilização da radiação pela parte inferior das plantas e das subsequentes. Sendo a variedade de folhas semieretas, a que melhor se adaptou a densidades mais elevadas, pois manteve sempre maior AF de R1 a R5 e também alcançou maior produtividade. Possivelmente por ser mais eficiente a utilizar a radiação solar em populações mais elevadas bem como mais produtiva em condições hídricas, térmicas e de fertilidade favoráveis à cultura.

### 3.7 RELAÇÃO ENTRE O IAF E A PRODUÇÃO DE MS NA CULTURA DO MILHO

Foi realizado um estudo em “Sete Lagoas”, para avaliar o efeito do stress hídrico sobre o IAF e produtividade de 6 variedades híbridas de milho.

Em que Andrade *et al.*, (2007), verificou que as variedades de milho mais produtivas foram as que apresentaram valores de IAF mais elevados até à floração. Já as que apresentaram menores valores de IAF na fase de crescimento vegetativo atingiram conseqüentemente um menor rendimento em grão e MST (**Tabela 1**). Visto que a formação do grão, está fortemente da produção de fotossimilados até à floração, e se esta for reduzida nesta fase, a cultura não terá reservas suficientes para uma boa formação do grão (Kiniry & Ritchie, 1985; Shussler & Westgate, 1991).

**Tabela 1-** IAF em V6, V8, Floração e Maturação, peso seco do grão e total das 6 variedades de milho, Sete Lagoas, MG

| Variedades   | IAF V6 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | IAF V8 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | IAF Floração (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | IAF Maturação (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | Rendimento em grão (kg/ha) | MST (kg/ha) |
|--------------|--|--|--|---|----------------------------|-------------|
| PE01         | 0,37                                     | 1,70                                     | 2,21   | 1,43  | 1 315                      | 5 654       |
| PE02         | 0,31                                     | 1,47                                     | 2,07   | 1,28  | 350                        | 4 776       |
| BR106        | 0,67                                     | 2,87                                     | 2,63   | 2,05  | 2 409                      | 8 225       |
| Sintético Ts | 0,76                                     | 2,19                                     | 2,21   | 1,72  | 3 781                      | 8 452       |
| BRS 1010     | 0,85                                     | 2,95                                     | 3,20   | 2,33  | 3 249                      | 10 419      |
| BRS 3003     | 0,98                                     | 2,94                                     | 3,19   | 2,31  | 3 679                      | 10 736      |

**Nota:** Adaptado de Andrade *et al.*, (2007)

Andrade *et al.*, (2007), também realizou um estudo em Nova Porteirinha, utilizando as variedades: PE01, PE02 (linhas puras) e BR106, Sintético TS, BRS1010 (híbridos simples), sendo o IAF calculado e analisado tal como no estudo anterior.

O autor, verificou que as variedades: BR106, Sintético TS, BRS1010, apresentaram valores mais elevados de IAF até à floração e que atingiram maior rendimento em grão e MST. Já as que apresentaram menor IAF até à floração tal como as variedades: PE01, PE02, alcançaram menor produtividade (**Tabela 2**). No entanto, as variedades PE01 e BRS1010, apresentaram valores de IAF mais elevados após a floração, por possuírem maior número de

folhas verdes, provavelmente devido a fenómenos de stay-green de acordo com Costa *et al.*, (2008), um fenómeno característico de certas variedades mais resistentes a stresses bióticos e abióticos (Tollenar & Wu, 1999; Jiang *et al.*, 2004; Carmo *et al.*, 2007). Sendo a cultura do milho, de crescimento determinado, a redução da AF, vai consequentemente condicionar a taxa de crescimento da cultura. E a cultura, não será capaz de compensar a redução da AF na fase vegetativa, mesmo que tenha mais folhas verdes no final do ciclo (Begg & Turner, 1976).

**Tabela 2-** IAF em V6, V8, Floração, Maturação, Peso seco do grão e total das respetivas variedades, Nova Porteirinha, MG

| Variedade    | IAF<br>V6<br>(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | IAF<br>V8<br>(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | IAF<br>Floração<br>(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | IAF<br>Maturação<br>(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | PS do<br>grão<br>(kg/ha) | MST<br>(kg/ha) |
|--------------|--|--|--|---|--------------------------|----------------|
| PE01         | 0,59   | 2,10   | 4,41   | 1,72  | 1 799                    | 11 546         |
| PE02         | 1,00   | 1,70   | 3,62   | 0,00  | 1 991                    | 9 771          |
| BR106        | 1,30   | 3,21   | 4,19   | 0,00  | 4 644                    | 12 606         |
| Sintético Ts | 1,37   | 3,31   | 3,96   | 0,00  | 4 274                    | 11 277         |
| BRS1010      | 1,52   | 3,64   | 4,27   | 0,51  | 4 099                    | 13 036         |

**Nota:** Adaptado de Andrade *et al.*, (2007)

Teixeira *et al.*, (2016) realizaram um estudo com o objetivo de correlacionar o IAF com a produtividade em 8 variedades. Foram recolhidos dados de IAF na floração, através de um medidor de AF modelo CI-202 em 4 plantas aleatórias. As variedades mais produtivas apresentaram menores valores de IAF (**Tabela 3**), não se detetando qualquer correlação entre o IAF na floração com a produtividade.

**Tabela 3:** Relação entre IAF no estádio da floração e produtividade das respetivas variedades

| Variedade | IAF na floração (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | Produtividade (kg/ha) |
|-----------|---|-----------------------|
| BM709PRO2 | 5,91  | 9 825                 |
| 2B647PW   | 5,00  | 10 432                |
| 2B339PW   | 5,91  | 9 825                 |
| BM812PRO2 | 5,91  | 9 825                 |
| 2B810PW   | 5,93  | 10 980                |
| 2A401PW   | 5,19  | 11 232                |
| 2B610PW   | 5,10  | 11 232                |
| MG600PW   | 5,19  | 11 232                |

**Nota:** Adaptado de Teixeira *et al.*, (2016)

### 3.8 O NDVI E A PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO

A variabilidade da produção de biomassa vegetal, ao longo do ciclo desta cultura, é condicionada pelas características da variedade, alterações da população ao longo do ciclo, competição por água, nutrientes, solo, temperatura, bem como pela ocorrência de pragas, doenças e infestantes. O potencial produtivo da cultura do milho é, dessa forma, condicionado, devendo-se por essa razão analisar o potencial produtivo ao longo do ciclo para maximizar a produtividade (Vian *et al.*, 2018; Grohs *et al.*, 2009).

Foi realizado um estudo que teve como objetivo analisar o potencial produtivo da cultura do milho através da análise dos valores de NDVI (Vian *et al.*, 2018). Os autores referem que é favorável realizar a aplicação de azoto à taxa variável consoante os diferentes níveis de NDVI. Para tal, foram analisados os limites críticos de NDVI para definir o potencial produtivo nos diferentes estádios: em V3, níveis de NDVI  $\geq 0,19$ , indicam um bom desenvolvimento inicial da cultura; em V6, níveis de NDVI  $\geq 0,57$ , como garantia de uma boa diferenciação; em V8, níveis de NDVI  $\geq 0,75$ , são indicadores de que a cultura se está a desenvolver em boas condições podendo originar uma boa floração.

De acordo com Coimbra (comunicação pessoal, 2020) a cultura do milho alcança o pico de AF e NDVI em plena floração, sendo o pico de biomassa alcançado no enchimento do grão época em que já se deteta uma descida do NDVI. Por essa razão na floração os níveis de NDVI deverão ser iguais ou superiores a 0,90 na floração e de 0,85 no enchimento do grão como indicador de bom vigor, estado hídrico e nutricional para um bom potencial produtivo.

Silva *et al.*, (2009), realizaram um estudo de análise com o objetivo de estimar a produção de biomassa na cultura do milho com base no NDVI, utilizando a variedade BR 106. Recolheram 20 plantas de 8 em 8 dias, desde a emergência ao final do ciclo, para determinar a Matéria Seca Total da Parte Aérea (MST) e a AF. A AF foi obtida por um planímetro ótico modelo LI 3000. Realizaram o cálculo do NDVI (ROUSE *et al.*, 1973), através da razão entre a diferença das refletância do infravermelho próximo ( $\rho_{IV}$ ) e do encarnado ( $\rho_V$ ) pela soma das duas. A Radiação Fotossinteticamente Ativa Intercetada Acumulada, foi calculada a partir da metodologia proposta por Varlet-Grancher *et al.*, (1989) [16]:

$$RFAI=0,95(RFAI_{inc})\epsilon_{inc} \quad [16]$$

Em que  $\epsilon_{inc}$  se trata da eficiência da RFA, e para a sua estimativa (17):

$$\epsilon_{inc}=1-e^{-KI\Delta F} \quad [17]$$

Em que  $K$ , é o coeficiente de extinção adimensional, e toma o valor de 0,65 para o milho (Barros, 1988).

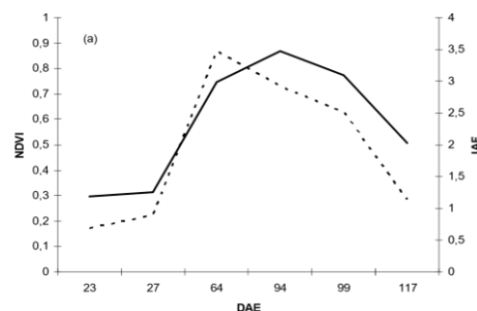
Para a estimativa da MSTa, utilizaram a equação proposta por (Monteith, 1977) [18]:

$$MSTa = \alpha \sum RFAI \quad [18]$$

Em que,  $\alpha$ , se trata da eficiência da conversão da RFAI em MS produzida.

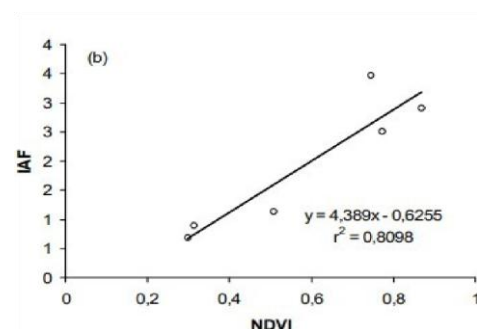
As alterações do NDVI ao longo do ciclo do milho, são acompanhadas pelo IAF (**Fig. 7**) (Silva *et al.*, 2009). Essas alterações, estão associadas há alteração da AF, número de folhas verdes, atividade fotossintética e teor em água no mesófilo das folhas do milho. Pois na fase vegetativa atingem-se valores mais elevados que no final do ciclo. Devido à senescência foliar, bem como menor atividade fotossintética e teor em água no mesófilo das folhas do milho (Machado & Lamparelli, 2007). Os autores verificaram que ambos os parâmetros se correlacionam fortemente (**Fig. 8**).

**Figura 7:** Evolução do IAF e NDVI ao longo do ciclo cultura



**Nota:** Adaptado de Silva *et al.*, (2009)

**Figura 8:** NDVI em função do IAF

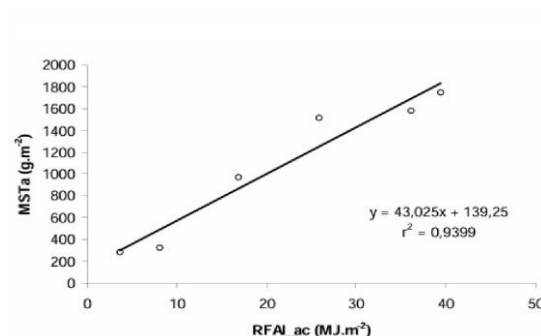


**Nota:** Adaptado de Silva *et al.*, (2009)

O valor de  $\alpha$  pode ser obtida através de uma regressão linear entre a MST e a RFAI<sub>ac</sub> (Caron *et al.*, 2020), que originou uma correlação linear positiva (**Fig. 9**).

Apesar dos autores não terem observado uma correlação direta entre os valores de IAF e a MST bem como dos níveis de NDVI com a MST, verificaram que o aumento da MST está associado ao aumento da RFA acumulada.

**Figura 9:** Produção de MST em função da RFAI\_ac com valores de IAF estimados através do NDVI



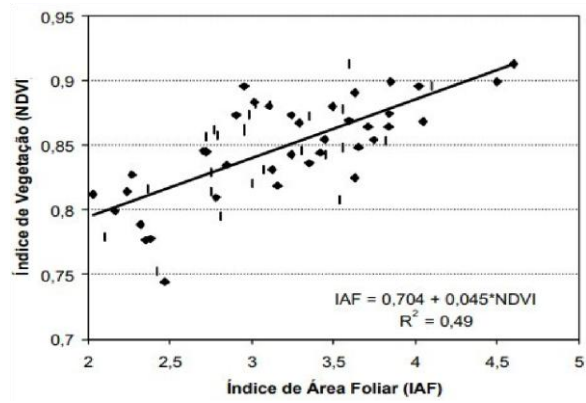
**Nota:** Adaptado de Silva *et al.*, (2009)

Rudorf *et al.*, (2003), realizaram um estudo na cultura do milho, utilizando técnicas de sensoriamento remoto para obter medidas do fator de refletância, nas regiões visíveis e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, para avaliar o efeito de duas distâncias de entrelinha em duas densidades de sementeira, com 4 doses de azoto na resposta da variedade AG-9010 ao nível do IAF, NDVI e produtividade de grão.

As amostras foram recolhidas na fase do enchimento do grão com recurso a um radiômetro portátil Spectron SE-590, convertendo as medidas em fator de refletância, seguindo a metodologia de Steffen (1996). Os valores do fator de refletância nas faixas espectrais correspondentes ao encarnado e ao infravermelho próximo foram utilizados para calcular o NDVI (Tucker, 1979).

O IAF foi calculado por meio de um *Plant Canopy Analyzer*. Os autores referem que as diferenças significativas entre blocos, prejudicaram a análise e a resposta da variedade aos diferentes fatores e que esperavam encontrar uma melhor correlação entre o NDVI e o IAF, tal como aconteceu com Asrar *et al.*, (1984). Mesmo assim, o IAF foi responsável por 49% das alterações do NDVI (Fig. 10).

**Figura 10:** *Relação entre NDVI e IAF*



**Nota:** Adaptado de Rudorf et al., (2003)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DO CAMPO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na exploração agrícola “Quinta do Campo” localizada na vila do Carregado, pertencente ao concelho de Alenquer, cujo campo experimental se encontra na parcela denominada por Sapal de Cima (**Fig. 11**).

**Figura 11:** Localização da parcela do campo de ensaio ( $39^{\circ}1'13,84''N$ ;  $8^{\circ}56'56,55''W$ )



**Nota:** Retirado do Google Earth (2024)

### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo da parcela do ensaio pertence à ordem dos Fluviosolos, de acordo com a classificação da FAO. Estes solos são caracterizados por serem solos de evolução incipiente, resultantes de depósitos fluviais.

A anteceder a instalação do campo experimental foram recolhidas amostras de solo para avaliação das principais características físico-químicas deste. Foram consideradas amostras compósitas nas duas parcelas de ensaio, para confirmar a homogeneidade deste, em relação às suas características físicas e químicas e para elemento base para a fertilização (**Tabela 4**).

**Tabela 4:** Resultado da análise de solo das parcelas do campo de ensaio.

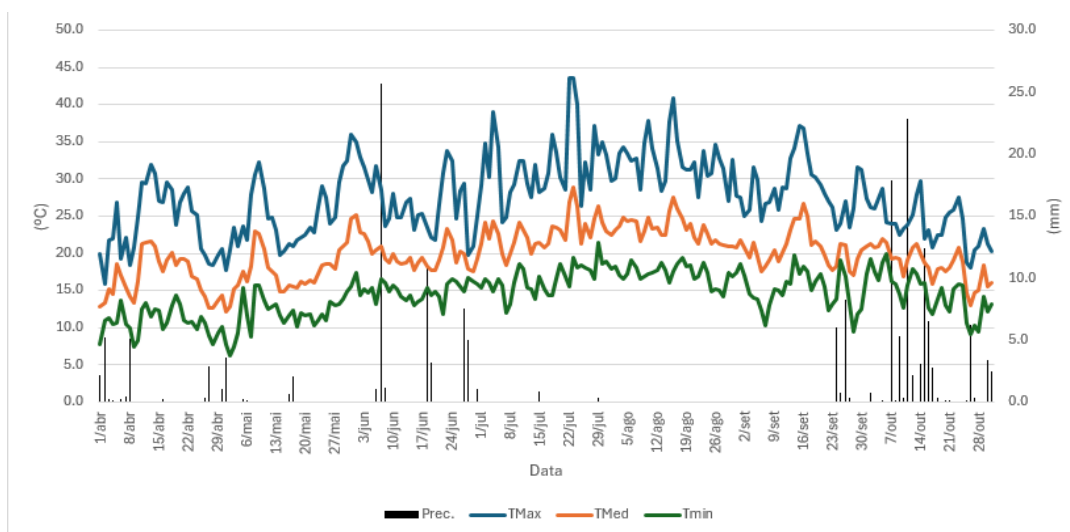
Valores de textura de campo, pH, MO (%); fósforo e potássio assimilável, Calcário, condutividade elétrica

| Parâmetro Analisado                          | Parcela A                   | Parcela B                   |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Textura                                      | Fina                        | Fina                        |
| pH (H <sub>2</sub> O)                        | 8,22                        | 8,07                        |
| M.O. (%)                                     | 2,77                        | 2,71                        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)        | 233,5                       | 228,3                       |
| K <sub>2</sub> O (mg/kg)                     | 877,9                       | 867,3                       |
| Calcário (%)                                 | 10,4                        | 11,7                        |
| Condutividade elétrica (dS.m <sup>-1</sup> ) | 0,40<br>sem efeitos salinos | 0,46<br>sem efeitos salinos |

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

Na **figura 12** apresenta-se o termopluviograma, elaborado com base nos dados diários da temperatura máxima, média, mínima e da precipitação, obtidos a partir de uma estação meteorológica automática instalada em Azambuja. Os valores registados condicionaram o desenvolvimento da cultura, pois durante o mês de julho e alguns dias de agosto registaram-se valores de temperatura superiores a 35°C. Durante o mês de junho registaram-se ainda alguns dias com precipitação o que não é normal para esta região.

**Figura 12:** Termopluviograma com elementos da temperatura máxima, média e mínima e precipitação diária



#### 4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O campo onde foi realizado o estudo possui 28 ha sendo irrigado por aspersão através de uma rampa pivotante. Nesta parcela foram consideradas duas sub-parcelas, constituída cada uma delas por 12 linhas, 9m de largura por 200m de comprimento, ou seja, 1 800m<sup>2</sup> para cada tratamento. Numa delas foi instalada a variedade “Pioneer P1441” de ciclo FAO 600 e, na outra, a “Pioneer P0937” de ciclo FAO 500. A entrelinha de sementeira foi de 75cm e a distância na linha de 15cm.

Aos 33, 49, 69, 83, 121, 141 e 155 dias após sementeira (DAS) foram recolhidas aleatoriamente oito plantas de cada variedade, em cada um dos tratamentos.

Após a recolha das plantas, estas foram transportadas para o laboratório da ESAS, onde foram efetuadas, em cada uma das plantas, as seguintes observações: contagem e pesagem de folhas verdes e senescentes, pesagem dos caules, maçaroca erão em verde. Posteriormente, cada componente da planta foi colocado em caixas de alumínio para determinar o peso seco em uma estufa de secagem a 65°C, com ventilação forçada, até peso constante, realizando-se posteriormente a pesagem para obter a matéria seca de cada componente. Foram ainda determinados os componentes do rendimento (número de plantas por unidade de área, número de grãos por maçaroca e peso de mil grãos (PMG) (Fig. 13).

**Figura 13:** *Aspetto geral de caixas de alumínio com os grãos de cada planta para determinação do PMG, teor de humidade e posterior peso seco*



O IAF foi medido no campo no dia da recolha das plantas (33, 49, 69, 83, 121, 141 e 155 DAS), entre as 12:00 e as 13:00h, através de um ceptómetro. O IAF foi quantificado em quatro pontos aleatórios, em cada uma das parcelas, de cada variedade, realizando-se oito medições seguidas em cada um dos pontos, para obter médias do IAF.

As imagens de NDVI foram disponibilizadas pela plataforma “One Soil”, utilizando o NDVI médio de cada variedade nos dias em que as amostras foram recolhidas.

#### **4.5 ITINERÁRIO TÉCNICO CULTURAL**

A preparação do solo foi iniciada a 29 de abril e terminou a 10 de maio de 2024, através de uma escarificação, realizada através de um “Chisel”. Posteriormente, de 2 a 7 de maio foram realizadas duas gradagens cruzadas. A 8 de maio foi realizada a adubação de fundo através da aplicação de 300kg/ha de um adubo com a composição de 0-0-40K<sub>2</sub>O-6Mg-13SO<sub>3</sub>, com um distribuidor, ou seja, foram aplicados 120kg/ha de K<sub>2</sub>O 18kg/ha de Mg e 32,5kg/ha de SO<sub>3</sub>.

A antecedente a sementeira foi realizada a passagem de uma grade animada (Rototerra) de 11 a 14 de maio. A sementeira foi realizada com um semeador monogrão no dia 15 de maio na densidade de 90 000 sementes/ha (**Fig. 14**). Juntamente com a sementeira foram aplicados à linha de sementeira 250kg/ha do adubo 10-30-0-2,5Mg-13S-0,2Mn-0,1Zn, ou seja, 25kg/ha de N, 75kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6,25 de Mg, 32,5 de S, 0,5 de Mn e 0,25 de Zn. Sendo também aplicados 15kg/ha de desinfetante de solo “Resister” (substância ativa teflutrina).

Para controlo de infestantes foram aplicados 3,5l/ha de “Infinor” (substância ativa s-metolaclo, sulcotriona e safener benoxacor) às 5 folhas no dia 5 de junho (21 DAS).

No que respeita à rega, foram realizadas 7 regas de emergência após a sementeira com 15l/m<sup>2</sup>, seguidas de 4 regas semanais com 15l/m<sup>2</sup> até ao grão ceroso.

Foram ainda realizadas as aplicações de azoto em cobertura nos dias 5, 12, 17 e 22 de julho com 176,73 kg/ha de Fluvicot 28+4,5% de ácidos flúvicos e por último 74,82 kg/ha no dia 14 de agosto de 2024.

Procedeu-se à colheita da parcela em 22 de outubro (Fig. 15).

**Figura 14:** Pormenor da sementeira da parcela em estudo, no dia 15 de maio de 2024



**Figura 15:** Aspeto da parcela experimental em pós colheita no dia 22 de outubro de 2024



## 4.6 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIEDADES

A variedade P 1441 de FAO 600, caracteriza-se pela sua tolerância ao stress hídrico, uma variedade híbrida classificada como Optimum AQUAmax. Possui um caule muito equilibrado, de porte médio e com uma inserção média-baixa da maçaroca. Possui uma maçaroca cilíndrica de grande diâmetro, muito uniforme e de tipo flexível, compensando a baixa densidade de plantas. O grão é dentado com bom peso específico. Esta variedade tem ainda uma excelente tolerância à acama pela raiz e muito boa resistência à queda pelo caule, muito bom verdor foliar à maturação em virtude da sua sanidade final. Apresenta uma muito boa tolerância ao vírus do ananismo rugoso (MRDV), ao morrão da panícula e ao *Helminthosporium*. Tem ainda excelente tolerância ao *Cephalosporium*.

A variedade P 0937 de FAO 500, caracteriza-se pelo seu excelente potencial produtivo, regularidade de produção, tolerância ao *Helminthosporium*, estatura médio-baixa com inserção baixa da espiga, espiga cilíndrica, de grande diâmetro e com tendência a fecundar até à ponta, brácteas abertas que permitem uma secagem rápida do grão e é ligeiramente mais precoce que a P 0933, particularmente em sementeiras precoces. O grão apresenta-se dentado, profundo e muito pesado (elevado peso de mil grãos). Esta variedade tem moderada tolerância ao *Cephalosporium* e uma muito boa tolerância ao *Helminthosporium*. Responde ainda muito bem a altas densidades de sementeira e é especialmente interessante para sementeiras precoces com o objetivo de colher cedo sem prejuízo do elevado potencial produtivo.

## 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1 AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO PRODUTIVA

O número de plantas por unidade de área é um dos componentes de produção que muito condiciona a produtividade. Foi avaliado o número de plantas em 2 metros lineares, em 4 locais escolhidos aleatoriamente em cada uma das parcelas dos tratamentos, com o objetivo de estimar a população de plantas. Esta observação foi efetuada antes da aplicação do herbicida de pós-emergência, aos 21 DAS e no final do ciclo cultural, aos 155 DAS (**Tabela 5**) (consultar **Tabela 17 e 18** em anexo). Em ambas as variedades, verificou-se uma redução do número de plantas dos 21 DAS para os 155 DAS, sendo mais acentuada na variedade P1441, que por sua vez apresentou sintomas de fito toxicidade.

**Tabela 5:** Avaliação da população aos 21 e 155 DAS

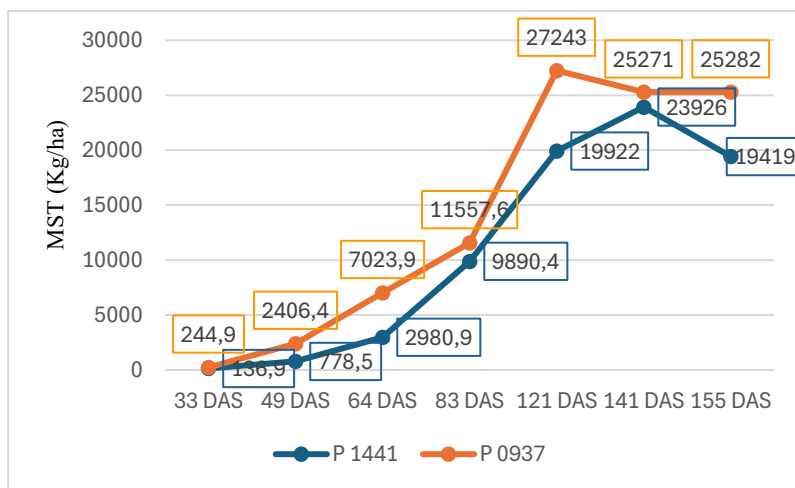
| Variedade | 21 DAS            |        |        | 155 DAS           |        |        |
|-----------|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
|           | Pl/m <sup>2</sup> | Pl/há  | IC*    | Pl/m <sup>2</sup> | Pl/há  | IC*    |
| P 1441    | 8,5               | 85 000 | 12 367 | 7,7               | 76 667 | 17 255 |
| P 0937    | 8,8               | 88 333 | 6 255  | 8,2               | 81 667 | 6 255  |

**Nota:** \* IC – Intervalo de Confiança para um nível de significância de 5%.

### 5.2 EVOLUÇÃO E REPARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA AO LONGO DO CICLO DA CULTURA

Na **Fig. 16** (consultar Anexo, **Tabela 19 e 20**), apresenta-se a evolução da MS (g/pl) convertida em MST (kg/ha), das amostras de plantas colhidas ao longo do ciclo cultural, considerando ainda a população aos 21 DAS e aos 155 DAS.

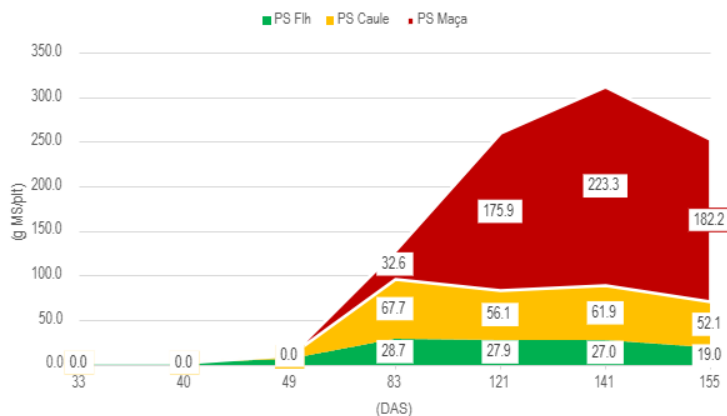
**Figura16:** Evolução da MS ao longo do ciclo cultural de ambas as variedades



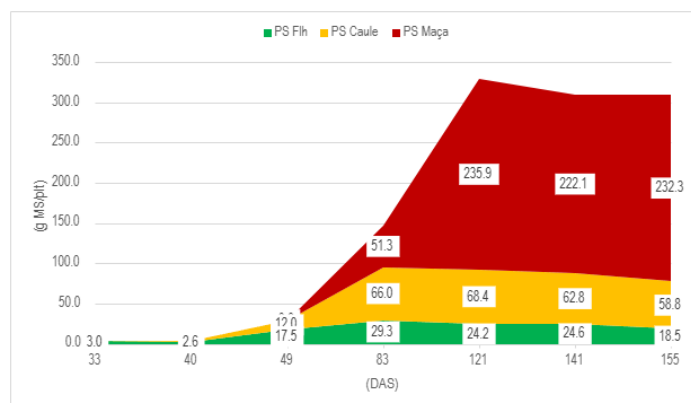
Pela sua observação podemos verificar que a MST aumenta até ser atingido o seu ponto máximo aos 121 DAS para P 0937 e aos 141 DAS para a variedade P 1441 (Fig. 16).

Nas Figuras 17 e 18, apresentam-se as repartições da MS (g/pl) pelos diferentes constituintes das plantas ao longo do ciclo. No que diz respeito ao comportamento das folhas, na Tabela 6, apresenta-se a alteração do número de folhas verdes e senescentes até aos 155 DAS (consultar Tabela 28 em anexo).

**Figura 17:** Repartição da MS (g/pl) na variedade P 1441



**Figura 18:** Repartição da MS (g/Plt) na variedade P 0937



**Tabela 6:** Número de folhas verdes e senescentes/pl obtido em seu valor médio ao longo do ciclo

| DAS     | Nº de Folhas Verdes (P 1441) | Nº folhas Senescentes (P1441) | Nº de Folhas Verdes (P 0937) | Nº Folhas Senescentes (P0937) |
|---------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 33 DAS  | 7,3                          | 0,0                           | 8,3                          | 0,0                           |
| 40 DAS  | 9,5                          | 0,0                           | 10,4                         | 0,0                           |
| 49 DAS  | 11,3                         | 0,0                           | 12,3                         | 0,0                           |
| 83 DAS  | 13,8                         | 0,0                           | 14                           | 0,0                           |
| 121 DAS | 9,8                          | 2,3                           | 10                           | 2,5                           |
| 141 DAS | 4,8                          | 8,1                           | 1,5                          | 11,5                          |
| 155 DAS | 1                            | 11,5                          | 0,38                         | 11,5                          |

O decréscimo da MST verificado no final do ciclo, dos 121 aos 155 DAS na variedade P0937 e dos 141 aos 155 DAS na P1441 (**Fig. 16**), deve-se possivelmente à perda de alguma biomassa, pois na cultura do milho observa-se um aumento até se atingir o seu valor máximo no enchimento do grão e seguidamente diminui ligeiramente com tendência para estabilidade. Essa diminuição deve-se à senescência e consequente perda das folhas mais velhas a partir dos 83 DAS (**Tabela 6**) bem como à migração de assimilados para a maçaroca a partir dos 83 DAS em ambas as variedades (**Fig. 17 e 18**) e em menor quantidade para a parte aérea (Manfron *et al.*, 2003).

Na **Tabela 7** (consultar **Tabela 19 e 20** em anexo), apresenta-se a comparação estatística da MST e MS do grão, e na **Tabela 8** a comparação estatística no que respeita à produtividade em grão a 14% de humidade e do teor de humidade na colheita (consultar **Tabela 29 e 30** em anexo).

**Tabela 7: Comparação Estatística da MST e MS Grão aos 155 DAS**

| Variedade      | P 1441 | P 0937 | P 1441  | P 0937 |
|----------------|--------|--------|---------|--------|
| Parâmetro      | MST    |        | MS grão |        |
| Média          | 19 419 | 25 282 | 152,21  | 195,18 |
| SD             | 5 804  | 3 361  | 49,73   | 24,76  |
| IC             | 4 852  | 2 810  | 41,58   | 20,67  |
| Nº de amostras | 8      |        |         |        |
| F crítico      | 4,600  |        | 4,600   |        |
| Valor de F     | 6,114  |        | 4,784   |        |
| Valor de P     | 0,027  |        | 0,046   |        |

**Nota:** \*Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0.05$ )

**Tabela 8: Comparação Estatística para o rendimento em grão e teor de humidade**

| Parâmetro      | Produtividade a 14% |        | Humidade grão à colheita (%) |        |
|----------------|---------------------|--------|------------------------------|--------|
|                | P 1441              | P 0937 | P 1441                       | P 0937 |
| Média          | 9 167               | 12 602 | 24,1                         | 18,8   |
| SD             | 2 584,4             | 1 498  | 1,8                          | 1,7    |
| IC             | 1 791               | 1 038  | 1,5                          | 1,4    |
| Nº de amostras | 8                   |        |                              |        |
| F crítico      | 4,60                |        | 4,60                         |        |
| Valor de F     | 9,26                |        | 36,961                       |        |
| Valor de p     | 0,009               |        | 0,0000284                    |        |

**Nota:** \*Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0.05$ )

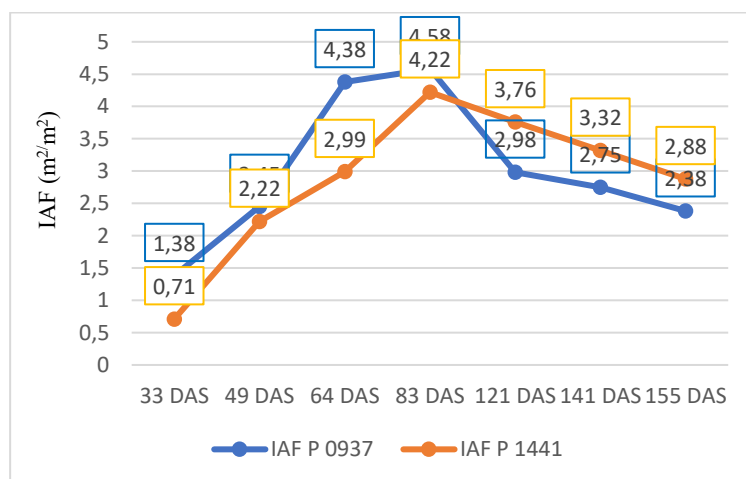
O facto de se terem identificado diferenças significativas na MST, MS do grão, rendimento e teor de humidade, pode não só dever-se às características das variedades, bem como estarem em diferentes estados fenológicos até determinada altura, pois aos 83 DAS a variedade P1441 estava em início de floração e a P0937 em plena floração, sendo também influenciadas as pela redução da população produtiva e fitotóxicidade (**Tabela 5**), e provavelmente pelo efeito negativo das ondas de calor na floração (**Fig. 12**).

### 5.3 EVOLUÇÃO DO IAF

Apresenta-se na **Fig. 19** (consultar **Tabela 21 a 27** em anexo), a evolução do IAF médio obtido através do ceptómetro a partir das observações efetuadas nas parcelas com o ceptómetro, de acordo com a metodologia descrita em **4.4**.

Na **Tabela 9**, apresenta-se a comparação estatística entre variedades para o IAF calculado. E ainda, na **Tabela 10** a comparação estatística entre variedades para o número de folhas verdes, pois, caso sejam detetadas diferenças significativas ao nível de folhas verdes podem ser detetados muitos erros, não se recomendando o método para determinar ou avaliar o IAF (Ellings, 2000).

**Figura 19:** Evolução do IAF calculado por meio do ceptómetro ao longo do ciclo das duas variedades



**Tabela 9:** Comparação Estatística do IAF obtido pelo ceptómetro entre variedades

| Variedades | P 1441 | P 0937 |
|------------|--------|--------|
| MÉDIA      | 2,871  | 2,986  |
| SD         | 1,064  | 1,054  |
| IC         | 0,788  | 0,781  |
| $\alpha$   | 0,05   |        |
| F crítico  | 4,747  |        |
| Valor de F | 0,035  |        |
| Valor p    | 0,855  |        |

**Nota:** \*Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0.05$ )

**Tabela 10:** Comparação Estatística entre variedades para as folhas verdes/planta

| Variedades | P 1441   | P 0937 |
|------------|----------|--------|
| MÉDIA      | 8,214    | 8,254  |
| SD         | 3,954    | 4,918  |
| IC         | 2,929    | 3,64   |
| $\alpha$   | 0,05     |        |
| F crítico  | 4,747    |        |
| Valor de F | 0,000241 |        |
| Valor p    | 0,988    |        |

**Nota:** Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0.05$ )

Em ambas as variedades, observa-se que o IAF aumenta acompanhado pelo aumento do número de folhas verdes até aos 83 DAS (**Tabela 6**), o que corresponde sensivelmente ao início da floração na variedade P 1441 e plena floração para a P 0937, e daí em diante, vão diminuindo até ao final do ciclo (**Fig. 19**), tal como observado por Muller *et al.*, 2005.

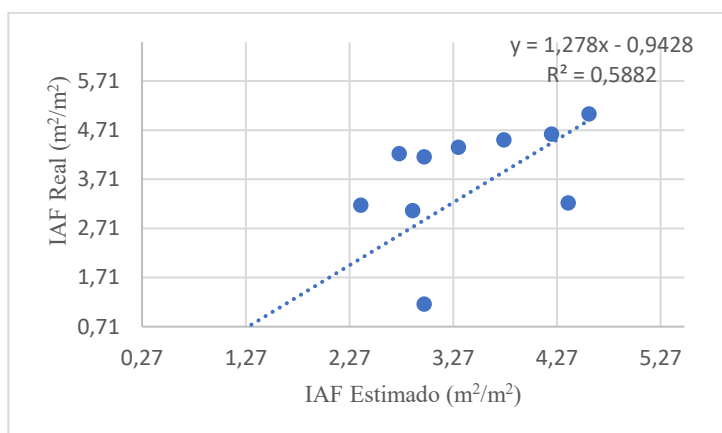
Mostrando-se a variedade P 0937, com valores de IAF mais elevados até aos 83 DAS, no entanto o facto da variedade P 1441 não estar em plena floração por ser de ciclo 600, leva à possibilidade que o valor de IAF aos 83 DAS, não seja o IAF máximo alcançado pela variedade P 1441. Ainda assim no final do ciclo, a variedade P 1441 apresentou valores de IAF mais elevados, provavelmente por se caracterizar pelo seu elevado verdor foliar no final do ciclo. Visto que, valores de IAF mais elevados após a floração estão associados a maior número de folhas verdes (Andrade *et al.*, 2007), devido a fenómenos de stay-green (Costa *et al.*, 2008) ou como forma de resistir a stresses (Tollenar & Wu, 1999; Jiang *et al.*, 2004; Carmo *et al.*, 2007).

No entanto o IAF, manteve-se semelhante entre variedades (**Tabela 9**), ou seja, os fatores já antes referidos ou o facto de não estarem nos mesmos estados fenológicos não alterou de forma significativa o IAF das variedades, provavelmente também por não se detetarem diferenças significativas no que respeita ao número de folhas verdes entre variedades (**Tabela 10**).

## 5.4 ESTIMATIVA DO IAF

Para realizar a estimativa do IAF, utilizou-se a MSF, considerando a constante de SEF para a cultura do milho, de  $210 \text{ cm}^2/\text{g}$  de MSF (Zhou *et al.*, 2020). Sendo assim estabelecida a regressão (Fig. 20). Apresentando-se na Tabela 11 a respetiva comparação estatística, entre o IAF Real calculado pelo ceptómetro (consultar Tabela 21 a 27 em anexo), e o IAF Estimado obtido através da MSF e SEF, (consultar Tabela 19 e 20 em anexo). Na Figura 21, está representada aquela que seria a representação gráfica do IAF Estimado ao longo do ciclo para ambas as variedades.

**Figura 20:** Análise de Regressão para o IAF Real e IAF Estimado

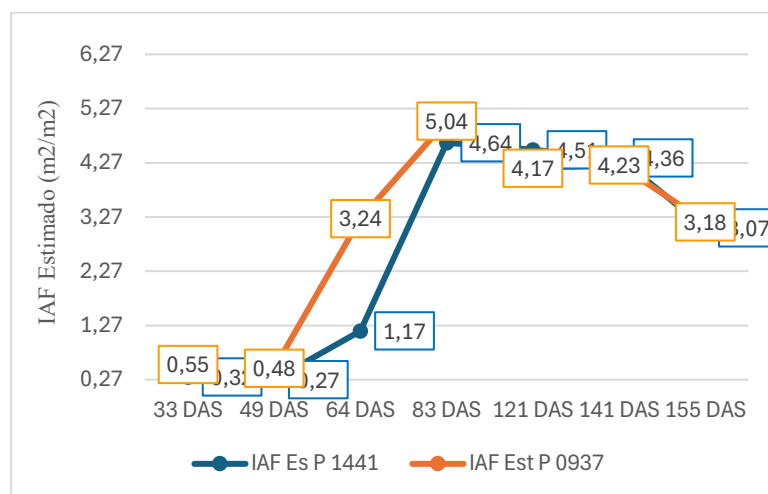


**Tabela 11:** Comparação Estatística entre o IAF Real e IAF Estimado

| Variedade  | P 1441   |              | P 0937    |              |
|------------|----------|--------------|-----------|--------------|
|            | IAF Real | IAF Estimado | IAF Real  | IAF Estimado |
| Média      | 2,871    | 2,618        | 2,987     | 2,983        |
| SD         | 1,063    | 1,842        | 1,054     | 1,668        |
| IC         | 0,788    | 1,365        | 2,763     | 1,236        |
| Amostras   | 7        |              |           |              |
| F crítico  | 4,747    |              | 4,747     |              |
| A          | 0,05     |              |           |              |
| Valor de F | 0,085    |              | 0,0000284 |              |
| Valor p    | 0,776    |              | 0,996     |              |

**Nota:** \*Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0.05$ )

**Figura 21:** Representação da evolução do IAF Estimado ao longo do ciclo



Obteve-se um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de aproximadamente 59%. Ou seja, a MSF utilizando esta SEF, é responsável por aproximadamente 59% das alterações do IAF ao longo do ciclo (**Fig. 20**). O facto de não serem identificadas diferenças significativas (**Tabela 11**), fortalece a capacidade que a MSF utilizando esta SEF tem em estimar o IAF ao longo do ciclo.

Foi apenas estabelecida uma análise de regressão das duas variedades, pois o valor da SEF foi estabelecido como 210 cm<sup>2</sup>/g de folha.

## 5.5 EFEITO DAS VARIEDADES NOS COMPONENTES DO RENDIMENTO

Na **Tabela 12** apresenta-se a análise estatística para o número médio de grãos/m<sup>2</sup>, na **Tabela 13** para o número de grãos/espiga, e para o PMG na **Tabela 14**, (consultar **Tabela 29 e 30** em anexo).

**Tabela 12:** Comparação entre variedades para o n° de grãos/m<sup>2</sup>

| Variedade      | P 1441 | P 0937 |
|----------------|--------|--------|
| Média          | 3 876  | 5 074  |
| Desvio padrão  | 1 067  | 1 041  |
| IC             | 892    | 870    |
| N° de amostras | 8      |        |
| $\alpha$       | 0,05   |        |

|            |       |
|------------|-------|
| Valor de F | 5,171 |
| F crítico  | 4,600 |
| Valor p    | 0,039 |

**Nota:** Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0,05$ )

**Tabela 13:** Comparação entre variedades para o nº de grãos/esp

| Variedade      | P 1441 | P 0937 |
|----------------|--------|--------|
| Média          | 505,5  | 621,3  |
| Desvio padrão  | 139,2  | 127,4  |
| IC             | 116,4  | 106,5  |
| Nº de amostras | 8      | 8      |
| $\alpha$       | 0,05   |        |
| Valor de F     | 3,010  |        |
| F crítico      | 4,600  |        |
| Valor p        | 0,105  |        |

**Nota:** Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0,05$ )

**Tabela 14:** Comparação entre variedades para o PMG

| Variedade      | P 1441 | P 0937 |
|----------------|--------|--------|
| Média          | 306,6  | 309,5  |
| Desvio padrão  | 17,4   | 32,4   |
| IC             | 14,6   | 27,1   |
| Nº de amostras | 8      | 8      |
| $\alpha$       | 0,05   |        |
| Valor de F     | 0,048  |        |
| F crítico      | 4,600  |        |
| Valor p        | 0,829  |        |

**Nota:** Apresenta diferenças significativas quando ( $p < 0,05$ )

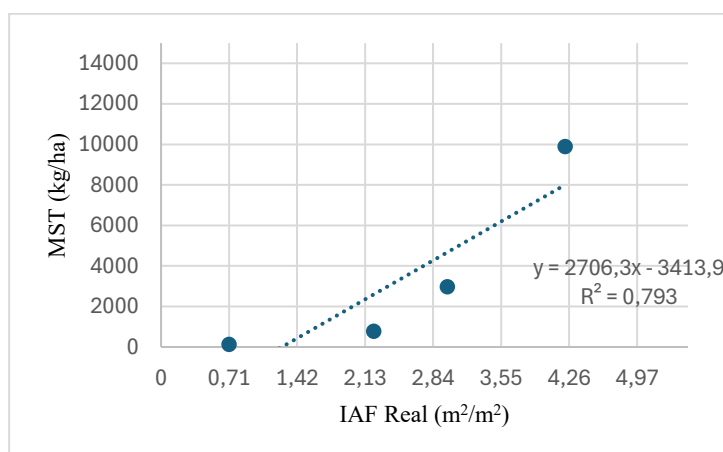
Apenas foram identificadas diferenças significativas no nº de grãos/m<sup>2</sup> (Tabela 12), sendo a variedade P 0937 a que se mostrou com maior número de grãos por unidade de área, destacando-se também no nº de grãos/espiga e PMG (Tabela 13 e 14). Possivelmente devido às características desta variedade e pelo facto de se apresentar com maior sanidade e população produtiva.

## 5.5 RELAÇÃO ENTRE O IAF E A MS

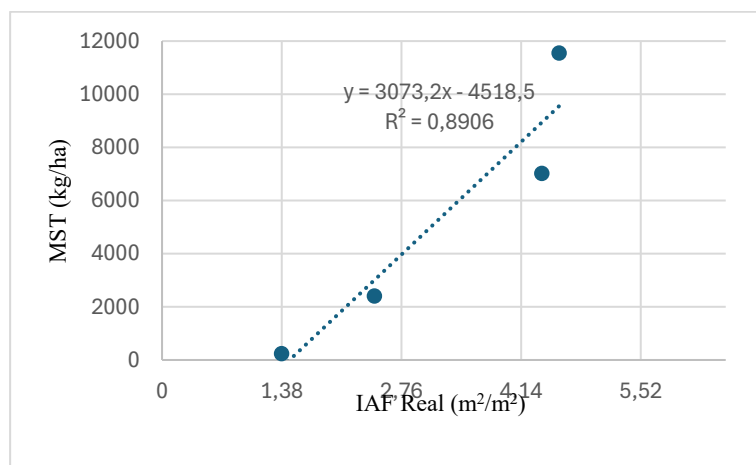
Considerando que usualmente o valor do IAF vai evoluindo de um modo crescente com o desenvolvimento vegetativo e com o aumento da MST, até alcançar um valor máximo por volta da fase do período reprodutivo (Floração), e diminui com o aumento da MST, tal como observado por Manfron *et al.*, 2003. Pois, se for considerado o ciclo da cultura até à maturação de colheita, obtêm-se coeficientes mais reduzidos, e posto isto, valores de IAF mais elevados após a fase reprodutiva estarão associados sim a maior número de folhas verdes/planta e não a maior MST.

Estabeleceu-se assim, a regressão entre estas duas variáveis para caracterizar cada uma das variedades, apenas para o período compreendido entre os 33 e os 83 DAS (**Fig. 22 e 23**).

**Figura 22:** Regressão Linear entre o IAF e MST dos 33 aos 83 DAS para a variedade P 1441



**Figura 23:** Regressão Linear entre o IAF e MST dos 33 aos 83 DAS para a variedade P 0937



Pela sua observação verifica-se que o IAF da variedade P1441 consegue explicar cerca de 79% do acréscimo da MS, enquanto que na variedade P0937 esse valor é muito mais elevado, cerca de 89%.

Aparentemente para um determinado valor de IAF, existe um aumento de MST associado. No entanto, o facto dos valores de  $R^2$  serem distintos entre variedades fortalece o impacto que as características genéticas das variedades possam ter no desempenho ou rendimento final da cultura. Bem como o impacto negativo dos incidentes ocorridos. Podem por sua vez afetar o IAF, e sendo este prejudicado, o aumento de MST associado é desde logo condicionado.

De facto, verifica-se que um  $R^2$  mais reduzido até à fase reprodutiva (**Fig. 22**), favorecido por valores de IAF mais reduzidos até aos 83 DAS (**Fig. 19**), está fortemente associado a menor produção de MST até à fase reprodutiva, bem como de MST (**Tabela 7**) e rendimento em grão (**Tabela 8**) na maturação de colheita. No entanto apresentou valores de IAF mais elevados no final do ciclo provavelmente por se caracterizar pelo seu elevado verdor foliar como referido em **4.6** e se observa na **Tabela 6** e **Figura 19**. Tal como foi observado nos estudos realizados por Andrade *et al.*, (2007) em Nova Porteirinha. Algumas das variedades que apresentaram valores de IAF mais reduzidos da fase vegetativa inicial até à fase reprodutiva, alcançaram menor produção de MST e rendimento em grão, apesar do seu IAF se manter mais elevado no final do ciclo, que segundo o autor se deve a maior número de folhas verdes/planta. Pois, sendo a cultura do milho, de crescimento determinado, a redução da AF, vai consequentemente condicionar a taxa de crescimento da cultura. E a cultura, não será capaz de compensar essa redução da AF, mesmo que tenha mais folhas verdes no final do ciclo, segundo Begg & Turner, 1976 (cit. de Andrade *et al.*, 2007).

Já um  $R^2$  mais elevado (**Fig. 23**), aparentemente favorecido por valores de IAF mais elevados (**Fig. 19**), que desde então têm associado um aumento de MST mais elevado, até à fase reprodutiva, no que diz respeito à variedade P 0937. Cujas variedades, também aos 155 DAS, apresentou valores mais elevados de MST (**Tabela 7**) e rendimento em grão (**Tabela 8**). O que certamente, comprava a importância que a AF tem no rendimento desta cultura, pois segundo Pereira & Machado, (1987), como a fotossíntese depende da AF, o rendimento da cultura do milho aumenta quanto mais cedo a cultura alcançar o pico máximo de IAF (cit. de Muller *et al.*, 2005). Tal acontecimento, foi também observado em outro estudo, neste, as variedades que apresentaram valores de IAF mais elevados da fase vegetativa inicial à floração, apresentaram

maior rendimento em grão e MST (cit. de Andrade *et al.*, 2007), pois de acordo com (Kiniry & Ritchie, 1985; Shussler & Westgate, 1991), a formação do grão, está fortemente da produção de fotossimilados até à floração, e se a AF for reduzida até à floração, a cultura não terá reservas suficientes para uma boa formação do grão.

## 5.6 RELAÇÃO ENTRE O NDVI E O IAF

Na **Tabela 15**, estão apresentados os níveis de NDVI obtidos pelas variedades P 1441 e P 0937 dos 33 aos 155 DAS obtidos através da plataforma “OneSoil”, e na **Tabela 16** a comparação estatística entre variedades para este índice.

Nas **Figuras 24 e 25**, apresentam-se os respetivos níveis máximos de NDVI alcançados por ambas as variedades.

**Tabela 15:** Níveis de NDVI obtidos pelas variedades analisadas dos 33 aos 155 DAS

| Variedade | P1441 | P0937 |
|-----------|-------|-------|
| 33 DAS    | 0,25  | 0,3   |
| 49 DAS    | 0,29  | 0,52  |
| 64 DAS    | 0,83  | 0,86  |
| 83 DAS    | 0,86  | 0,89  |
| 121 DAS   | 0,81  | 0,8   |
| 141 DAS   | 0,43  | 0,37  |
| 155 DAS   | 0,26  | 0,24  |

**Tabela 16:** Comparação Estatística entre variedades para os níveis de NDVI

| Variedade      | P 1441 | P 0937 |
|----------------|--------|--------|
| Média          | 0,533  | 0,569  |
| Desvio padrão  | 0,266  | 0,257  |
| IC             | 0,197  | 0,191  |
| Nº de amostras | 7      |        |
| A              | 0,05   |        |
| F crítico      | 4,747  |        |
| Valor de F     | 0,056  |        |
| Valor P        | 0,817  |        |

**Figura 24:** Evolução dos níveis de NDVI e respetivo valor máximo fornecido pela plataforma "OneSoil", referente à variedade P 1441



**Figura 25:** Evolução dos níveis de NDVI e respetivo valor máximo fornecido pela plataforma "OneSoil", referente à variedade P 0937

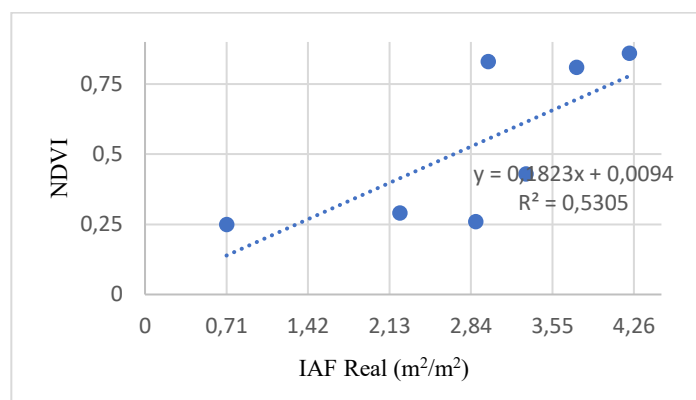


Atendendo que provavelmente aos 83 DAS, a variedade P 1441, não estaria em plena floração com referido em 5.2 e 5.3. O facto do ponto máximo de NDVI da variedade P1441 ter sido alcançado a 14 de agosto, ou seja, aos 91 DAS (**Fig. 24**), indica que é nessa data que ocorre

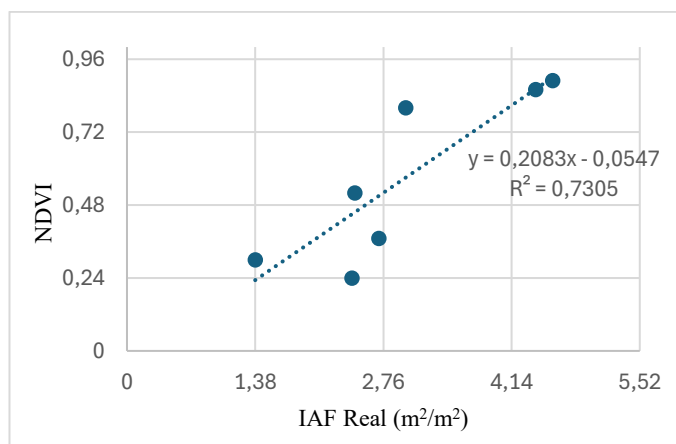
a plena floração e que possivelmente tenha sido também alcançado o ponto máximo de IAF e por sua vez também mais elevado ao que foi considerado como 4,22 (**Fig. 19 em 5.3**). Pois de acordo com Coimbra (comunicação pessoal, 1 de julho de 2020), é em plena floração que a cultura alcança o NDVI máximo por meio da AF máxima. Apesar dos níveis de NDVI entre variedades tenham sido semelhantes entre si (**Tabela 16**). No entanto, os valores de NDVI, estarão de acordo com as características genéticas, com o integral térmico das duas variedades, mas também poderá haver influência da população de plantas por área, e sintomas de fito toxicidade.

Nas **Figuras 26 e 27**, estão apresentadas as análises de regressão entre o IAF e NDVI obtidas nas duas variedades, para o período compreendido entre os 33 e 155 DAS.

**Figura 26:** Análise de regressão entre IAF e NDVI para a variedade P 1441



**Figura 27:** Análise de regressão entre o IAF e NDVI para a variedade P 0937



Apesar dos valores de  $R^2$  serem distintos entre variedades, um  $R^2$  mais reduzido na variedade P 1441 (**Fig. 26**), provavelmente influenciado pelas características genéticas da

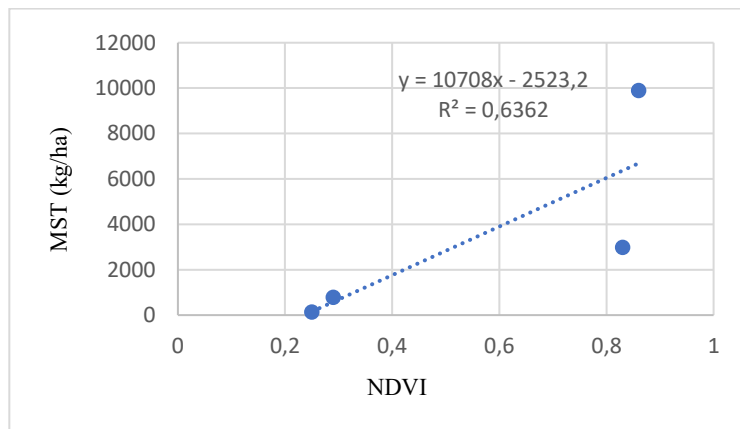
variedade, bem como pelos fatores anteriormente referidos. Pois na presença de muitos fatores a condicionar o rendimento da cultura, o valor de  $R^2$  será também condicionado (Rudorff *et al.*, 2003). No entanto, para o período compreendido entre os 33 e os 155 DAS, verifica-se que os índices se correlacionam entre si ao longo de todo o ciclo, ou seja, no sentido ascendente e descendente, ou seja até à floração quanto maior o IAF (**Fig. 19**), maior será o NDVI (**Tabela 15**), e da floração à maturação de colheita, um IAF mais reduzido tem a si associado um NDVI menor, tal como refere Sakaguchi (, 2020), quanto maior o IAF, maior será o NDVI. Semelhante as declarações de Machado & Lamparelli, (2007), até à fase reprodutiva atingem-se valores mais elevados de folhas verdes/planta, AF, atividade fotossintética, teor de água no mesófilo das folhas que após a fase reprodutiva. O que gera alterações de NDVI e IAF ao longo do ciclo desta cultura, correlacionando-se ambos os índices fortemente (cit. de. Silva *et al.*, 2009).

Tendo em conta que o IAF, é responsável por grande parte das alterações do NDVI (**Fig. 26 e 27**), então, possivelmente, o IAF máximo da variedade P 1441 (**Fig. 19**), não tenha sido de 4,22 para um NDVI de 0,86 alcançado aos 83 DAS (**Tabela 15**), mas sim um IAF máximo mais elevado.

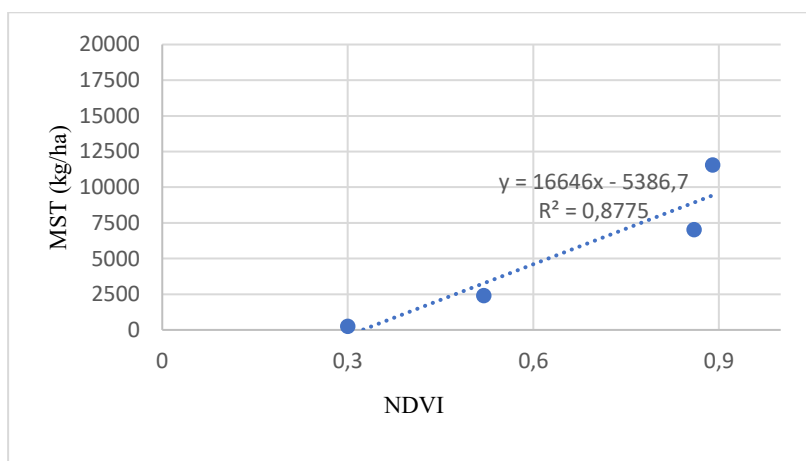
## 5.7 RELAÇÃO ENTRE O NDVI E A MST

Para estabelecer correlações entre o NDVI e a produção de MST, tal como em **5.5**, apenas foi considerado o período compreendido entre os 33 e os 83 DAS (**Fig. 28 e 29**). No entanto, se for considerado o período entre os 33 e 155 DAS, obtêm-se valores de  $R^2$  muito reduzidos. Pois, de acordo com Coimbra (comunicação pessoal, 2020), é em plena floração que a cultura do milho alcança o ponto máximo de NDVI, e que de preferência, seja igual ou superior a 0,90. No entanto é no enchimento do grão que há um aumento da biomassa na cultura do milho, apesar da AF já estar em decréscimo devido à entrada em senescência e migração de assimilados para a maçaroca, desde logo deteta-se a redução do NDVI, tendo-se como referencia valores superiores a 0,85, mas que à medida que a cultura se aproxima do fim do ciclo o NDVI vai diminuindo e a MS desce ligeiramente até estabilizar. Sendo estes valores de referência par bom potencial produtivo.

**Figura 28:** Análise de Regressão entre o NDVI e MST dos 33 aos 83 DAS, para a variedade P 1441



**Figura 29:** Análise de Regressão entre o NDVI e MST dos 33 aos 83 DAS, para a variedade P 0937



Observa-se que até à fase reprodutiva, para um NDVI mais elevado existe um aumento de MST associado. Considerando que na variedade P 1441 o valor de  $R^2$  é menor (**Fig. 28**), o aumento da MST em função do NDVI é desde logo inferior ao observado na variedade P 0937 (**Fig. 29**).

Sem desconsiderar que os fatores referidos anteriormente e as características genéticas das variedades tenham condicionado os resultados, aparentemente um  $R^2$  mais elevado até à

fase reprodutiva (**Fig. 29**), indica que para um valor de NDVI mais elevado o MST é por sua vez mais elevada, e que pode ter favorecido um maior acumulo de MST (**Tabela 7**) e rendimento em grão (**Tabela 8**) na maturação de colheita. O que pode indicar boa capacidade avaliadora do NDVI no que diz respeito ao potencial produtivo, tendo em conta as declarações de Coimbra (comunicação pessoal, 2020), e de acordo com Grohs *et al.*, (2009), pois existem limites críticos definidos para baixo, médio e alto potencial produtivo na cultura do milho, nos estádios V3, V6 e V8 (cit. de Vian *et al.*, 2018).

Já no período de pós floração, aparentemente níveis de NDVI mais elevados (**Tabela 15**) parecem estar associados a maior número de folhas verdes (**Tabela 6**) e não a maior produção de MST, o que se verifica, ao considerar todo o ciclo, obtendo-se valores de  $R^2$  mais reduzidos. No entanto, dadas as semelhanças do comportamento da MST em função do IAF, observadas em **5.5**, e da MST em função do NDVI, tais semelhanças, podem inclusivamente fortalecer a correlação entre o IAF e NDVI (**5.6**).

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho procurou-se avaliar um conjunto de variáveis relacionadas com o desenvolvimento e o crescimento de duas variedades de milho, procurando-se estabelecer um conjunto de relações entre essas variáveis.

Como principais notas conclusivas podemos verificar:

- Para estabelecer as relações entre a MS o IAF e os níveis de NDVI, é essencial não estender demasiado o intervalo de tempo entre as amostragens;
- As correlações obtidas podem fortalecer a possibilidade de fatores como dessincronização entre variedades no que respeita aos estados fenológicos, redução da população, fitotoxicidade pelo herbicida e ondas de calor;
- A utilização do ceptómetro permitiu uma boa representação do IAF sendo capaz de mostrar aquela que é a alteração do número de folhas verdes ao longo do ciclo, no entanto o ceptómetro pode ter tido alguma dificuldade na atualização dos dados porque algumas das medições não terem sido realizadas na altura do zénite;
- A MSF, foi um bom estimador do IAF através da SEF, no entanto não se pode desconsiderar que a SEF não é constante, pois varia, com o estado fenológico, hora, local, tipo de solo, nutrição, radiação, estado hídrico, temperatura, variedade, pragas, doenças e infestantes. No entanto, de acordo com a pesquisa o valor utilizado é o que permite uma melhor estimativa do IAF pelo ceptómetro;
- O IAF mostrou-se capaz de representar cerca de 53% das alterações do NDVI ao longo do ciclo na variedade P 1441 e em cerca de 73% na variedade P 0937;
- Para o período entre os 33 e os 83 DAS o IAF explicou cerca de 79% da MST acumulada na variedade P 1441 e 89% na P 0937, apesar dos valores de  $R^2$  serem mais reduzidos para o período entre os 33 e os 155 DAS. Os valores de  $R^2$  mais elevados até à fase reprodutiva aparentemente indicam maior acumulação de MST e rendimento em grão;
- No que diz respeito à relação entre o NDVI e a MST, foi observado tal como para o IAF, que valores de NDVI mais elevados até à fase reprodutiva estão associados a maior acumulação de MST durante esse período e, por sua vez, também maior produção de MST e grão;
- No futuro, este tipo de estudo deverá ser repetido e desenvolvido, com intervalos de tempo entre as recolhas de amostras mais curtos (8 a 10 dias).

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMPROMIS, 2023. Dados Estatísticos, ÁREA DE CULTURAS ARVENSES EM PORTUGAL CONTINENTAL (2018 A 2023).
- Amaral, A. (2018) - A Cultura Do Milho, Culturas Arvenses, LMS ESAS. P 1-45.
- Andrade, c. De l. T., Amaral, t. A., Gomide, r. L., Albuquerque, p. E. P., Heinemann, a. B., Mendes, a. P., Alves, f. F., Araujo, s. G. (2007) - Área Foliar e Produtividade de Grãos de Cultivares de Milho, Submetidas à Déficit Hídrico, em Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 1-5;
- Andrade, C. L.T., Amaral, T. A., Albuquerque, P. E., Gomide, R. L., Heinemann, A. B., Oliveira, A. C., Mendes, A. P., Alves, F. F., & Araujo, S. G., (2007) - Área Foliar e Produtividade de Grão de Cultivares de Milho, Submetidas à Déficit Hídrico, em Nova Porteirinha, MG: Embrapa Milho e Sorgo. 1-5
- Asrar, G.; M. Fuchs; E.T. Kanemasu; & J.L. Hatfield. (1984) - Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy Journal* 76: p.300-306;
- Adami, P. (2022, 28 de setembro). Temperatura (graus dia) no desenvolvimento do milho [vídeo]. Youtube
- Barros, A. H. C. (1988, 31 de julho) - Análise do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura do milho (*Zea Mays L.*): Experimentos e modelos. Viçosa: UFV. 85p. *Dissertação Mestrado*
- Bange, M. P., Hamer, G. L., Milroy, S. P. & Rickett, K. G. (2000, 1 de julho) Improving estimates of individual leaf area of sunflower. *Agronomy Journal*, Madison, v. 92, p. 761-765;
- Begg, J. & Turner, N. C (1976, 13 de outubro) - Crop water deficits. *Advances in Agronomy*, v.28, p.161-217;
- Carvalho, S. J. P. & Christoffoleti, P. J. (2007) - Estimativa da área foliar de cinco espécies do gênero *Amaranthus* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 25, p. 317-324;
- Costa, E. F. N., Santos, M. F., Moro, G. V., Alves, G. F. & Junior, C. L. S. (2008) Herança da senescência retardada em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.2, p.207-213;

- Carmo, S. L. M., Santos, J. B., Hagiwara, W. E. & Ferreira, J. L. (2007). Avaliação do “stay green” em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.953- 957;
- Coimbra, J. (2020, 1 de julho). Plataforma de gestão de imagens de satélite MA Academy One Soil. [vídeo] Youtube.
- Caron, B. O., Schmidt, D., Medeiros, S. L. P., Heldwein, A. B., & Mafron, P. A. (2002, 14 de julho) - Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.10, n.2, p.215-219;
- Deppe, F., Lohmann, M., Martini, L., Adami, M., & Faria, R. (2007, 21-26 de abril) - Monitoramento da evolução temporal de cultivos agrícolas através de imagens Terra/Modis. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 145-152;
- Fancelli, A. L., & Dourado-Neto, D. (2000) - Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 360 p.
- Grohs, D. S., Bredemeier, C., Mundstock, C. M., & Poletto, N. (2009, março). Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor Greenseeker. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.1. 101-112;
- Hirose, T. Development of the Mosi-Saeki Theory on Canopy Structure and Function. *Annals of Botany*, v. 95, p. 483–494, 3 fev. 2005.
- Jiang, G. H., HE, Y. Q., XU, C. G., LI, X. H., & Zhang, Q. (2004) - The genetic basis of stay-green in rice analyzed in a population of doubled haploid lines derived from an indica by japonica cross. *Theoretical and Applied Genetics*, v.108, p.688-698;
- Kiniry, J. R. & Ritchie, J.T. (1985, 1 de setembro) - Shade-sensitive interval of kernel number of maize. *Agronomy Journal*, Madison, v.77, p.711-715;
- Leivas, J. F., Andrade, R. G., Heriberto de Castro Teixeira, A., Victoria, D. C., Torresan, F. E., & Bolfe, É. L. (2013, dezembro) - Dinâmico espaço temporal do NDVI em mesorregiões produtoras de milho segunda safra. *Embrapa Monitoramento por Satélite*, Campinas, SP, 1-20;
- Machado, H & Lamparelli, R. A. C. (2007) Desenvolvimento metodológico para amostragem em cana-de-açúcar, considerando a resposta espectral da biomassa em imagens orbitais. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.59, v.02.

- Monteith, J. L. (1977) - Climate and the efficiency of crop production en Britain. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B., London, n. 281, p. 277-294;
- Montgomery, E. G. (1911) - Correlation studies in corn. Annual Report Agricultural Experiment Station of Nebraska, Lincoln, v. 24, 108-159;
- Müller, A. G., Bergamaschi, H., Bergonci I. J., França, S. B. R., & Silva, M. I. G., (2005, 4 de abril) - Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria*, v. 13, n. 1, 65-71;
- Manfron, P. A., Neto, D. D., Pereira, A. R., Bonnacarrère, R. A. G., Medeiros, S. L. P. & Pilau, F. G. (2003) - Modelo do índice de área foliar da cultura de milho. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria*, v. 11, n. 2, 333-342;
- Mondo, V. H. V., Pinto De Carvalho, S. J., Domiciano De Silos Labonia V., Neto, D. D., & Cicero, S. M. (2009, 15 de dezembro) - Comparação De Métodos Para Estimativa De Área Foliar Em Plantas DE Milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, n.3, p. 233-246;
- Pereira, A.R. & Machado, E.C. (1987) - Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal. Campinas: Instituto Agronômico, 33 p. (Boletim Técnico, 114).
- Rudorff, B. F. T., Moreira M. A., Adami, M., & Freitas, J. G., (2003) – Resposta Espectral Do Milho E Sua Relação Com Altos Níveis De Produtividade De Grãos, p.2597-2603;
- Rouse, J. W. *et al.*, (1973) - Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC: Greenbelt, MD, 1973. 371 p. (Type III, Final Report).
- Sakaguchi, F., (2020) - Apresentação do PowerPoint. Meter Group. 1-59
- Silva, M. A. V., Andrade, V. M. S., Oliveira, E. C., Ferreira, W. P. M., & Costa, J. M. N., (2009) - Avaliação Da Estimativa Da Biomassa Da Cultura Do Milho Obtida Com Base No Ndvi: *Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG*, P.1-5;
- Soares, J. V., Xavier, A. C. & Almeida, A. C. de. (2001) Balanço de água em Eucaliptus com a caracterização do dossel por técnicas de Sensoriamento Remoto. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 10. Foz do Iguaçu. Anais.... CD-ROM, p.139-147;
- Stewart, D. W. & Dwyer, L. M. (1999, 1 de março) - Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. *Crop Science, Madison*, v. 39, p. 422-427;

- Sangoi, L., Schmitt, A., & Zanin, C. G., (2007, 1 de janeiro). ÁREA FOLIAR E Rendimento De Grãos De Híbridos De Milho Em Diferentes Populações De Plantas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.3, p. 263-271;
- Schussler, J. R. & Westgate, M. E. (1991) - Maize kernal set at low water potential. I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernal growth. *Crop Science*, Madison, v.31, p.1189-1195;
- Steffen, C.A. (1996, 14 a 19 de abril) - Técnicas radiométricas com o Spectron SE-590. In *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais*. Salvador: INPE/SELPER, 1. p. 9-14;
- Thomas, H. (1992) - Canopy survival. In: Baker, N. R., Thomas, H. *Crop photosynthesis: spatial and temporal determinants*. Amsterdam: Elsevier. p. 11-41;
- Tollenar, M. & WU, J. (1999) - Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Science*, v.39, p.1597-1604;
- Teixeira, G. V., Rezende, A. R., Silva, A., & Giunti, O. D., (2016). Relação Do Índice De Área Foliar com a Produtividade Para Diferentes Híbridos De Milho No Sul De Minas Gerais, 1-4;
- Tucker, C.J. (1979) - Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2) p. 127-150;
- Tollenaar, M. (1992) - Is low plant density a stress in maize? *Maydica*, Bergamo, v.37, n.2, p. 305-311;
- Vega, C.R.C., Andrade, F.H. & Sadras (2001, 1 de maio) - Seed number as a function of growth. *A comparative study in soybean, sunflower, and maize*. *Crop Science*, Madison, v.41, n.3, p.748-754;
- Valentinuz, O. R. & Tollenaar, M. (2004, 1 de maio) - Vertical profile of leaf senescence during the grain filling period in older and newer maize hybrids. *Crop Science*, Madison, v. 44, p. 827-834;
- Vian, A. L., Bredemeier, C., Silva, D.A.P.F.R., Santi, A. L., Giordano, C. P. D. S., & Santos, L. F., (2018, 31 de março) - Limites Críticos De NDVI Para Estimativa Do Potencial Produtivo Do Milho: *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.17, n.1, 91-100;
- Varlet-Grancher C. Gosse, G., & Chartier, M. (1989, 3 de março) - Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, Paris, v. 9, p. 419-439;

## 8. ANEXO

**Tabela 17: Contagem de plantas em ambas as variedades aos 21 DAS**

|        | Repetição    | NºPls/2m lineares | Pls/m <sup>2</sup> | Pls/ha       |        | Rep          | NºPls/2m lineares | Pls/m <sup>2</sup> | Pls/ha       |
|--------|--------------|-------------------|--------------------|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------------|--------------|
| P 1441 | R1           | 10                | 7                  | 66 667       | P 0937 | R1           | 13                | 9                  | 86 667       |
| P 1441 | R2           | 13                | 9                  | 86 667       | P 0937 | R2           | 12                | 8                  | 80 000       |
| P 1441 | R3           | 14                | 9                  | 93 333       | P 0937 | R3           | 14                | 9                  | 93 333       |
| P 1441 | R4           | 14                | 9                  | 93 333       | P 0937 | R4           | 14                | 9                  | 93 333       |
| P 1441 | R5           | 11                | 7                  | 73 333       | P 0937 | R5           | 14                | 9                  | 93 333       |
| P 1441 | R6           | 12                | 8                  | 80 000       | P 0937 | R6           | 12                | 8                  | 80 000       |
|        | <b>Média</b> | <b>12,3</b>       | <b>8,5</b>         | <b>85000</b> |        | <b>Média</b> | <b>13,2</b>       | <b>8,8</b>         | <b>88333</b> |
|        | <b>DP</b>    | <b>1.63</b>       | <b>1.3</b>         | <b>12620</b> |        | <b>DP</b>    | <b>0.98</b>       | <b>0.6</b>         | <b>6383</b>  |
|        | <b>IC</b>    | <b>1.60</b>       | <b>1.2</b>         | <b>12367</b> |        | <b>IC</b>    | <b>0.96</b>       | <b>0.6</b>         | <b>6255</b>  |

**Tabela 18: Contagem de plantas em ambas as variedades na maturação de colheita (155 DAS)**

|        | Repetição    | NºPls/2m lineares | Pls/m <sup>2</sup> | Pls/ha       |        | Repetição    | NºPls/2m lineares | Pls/m <sup>2</sup> | Pls/ha       |
|--------|--------------|-------------------|--------------------|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------------|--------------|
| P 1441 | R1           | 8                 | 5                  | 53 333       | P 0937 | R1           | 13                | 9                  | 86 667       |
| P 1441 | R2           | 11                | 7                  | 73 333       | P 0937 | R2           | 11                | 7                  | 73 333       |
| P 1441 | R3           | 13                | 9                  | 86 667       | P 0937 | R3           | 12                | 8                  | 80 000       |
| P 1441 | R4           | 14                | 9                  | 93 333       | P 0937 | R4           | 13                | 9                  | 86 667       |
| P 1441 | R5           | 9                 | 6                  | 60 000       | P 0937 | R5           | 14                | 9                  | 93 333       |
| P 1441 | R6           | 10                | 7                  | 66 667       | P 0937 | R6           | 12                | 8                  | 80 000       |
|        | <b>Média</b> | <b>10,8</b>       | <b>7,7</b>         | <b>76667</b> |        | <b>Média</b> | <b>12,5</b>       | <b>8,2</b>         | <b>81667</b> |
|        | <b>DP</b>    | <b>2.32</b>       | <b>1,8</b>         | <b>17638</b> |        | <b>DP</b>    | <b>1.05</b>       | <b>0.6</b>         | <b>6383</b>  |
|        | <b>IC</b>    | <b>2.27</b>       | <b>1.7</b>         | <b>17625</b> |        | <b>IC</b>    | <b>1.03</b>       | <b>0.6</b>         | <b>6255</b>  |

**Tabela 19: Valores obtidos de MS (g/pl), MST (Kg/ha), IAF Estimado para a variedade P 1441 dos 33 aos 155 DAS**

| DAS | PS Flh  | PS Caule | PS Espig<br>a | PS Camisa<br>s | PS Grão | PS Carol<br>o | PS Maça | PS total | PS total | AF total           | AF total                           | AF total                          |
|-----|---------|----------|---------------|----------------|---------|---------------|---------|----------|----------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|     | (g/Plt) | (g/Plt)  | (g/Plt)       | (g/Plt)        | (g/Plt) | (g/Plt)       | (g/Plt) | (g/Plt)  | (kg/ha)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |
| 33  | 1.8     | 0.0      | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 0.0     | 1.8      | 137      | 375                | 3186                               | 0.32                              |
| 49  | 1.5     | 0.5      | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 0.0     | 2.0      | 154      | 323                | 2744                               | 0.27                              |
| 64  | 6.6     | 3.6      | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 0.0     | 10.2     | 778      | 1382               | 11748                              | 1.17                              |
| 83  | 28.7    | 67.7     | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 32.6    | 129.0    | 9890     | 6025               | 46390                              | 4.63                              |
| 121 | 27.9    | 56.1     | 161.9         | 13.9           | 143.0   | 19.0          | 175.9   | 259.8    | 19922    | 5860               | 45124                              | 4.51                              |
| 141 | 27.0    | 61.9     | 205.3         | 18.0           | 184.3   | 20.9          | 223.3   | 312.1    | 23926    | 5664               | 43613                              | 4.36                              |
| 155 | 19.0    | 52.1     | 168.9         | 13.3           | 152.2   | 16.7          | 182.2   | 253.3    | 19419    | 3988               | 30709                              | 3.07                              |

**Tabela 20: Valores obtidos de MS (g/pl), MST (Kg/ha), IAF Estimado para a variedade P 0937 dos 33 aos 155 DAS**

| DAS | PS Flh  | PS Caule | PS Espig<br>a | PS Camisa<br>s | PS Grão | PS Carol<br>o | PS Maça | PS total | PS total | AF total           | AF total                           | AF total                          |
|-----|---------|----------|---------------|----------------|---------|---------------|---------|----------|----------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|     | (g/Plt) | (g/Plt)  | (g/Plt)       | (g/Plt)        | (g/Plt) | (g/Plt)       | (g/Plt) | (g/Plt)  | (kg/ha)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |
| 33  | 3.0     | 0.0      | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 0.0     | 3.0      | 245      | 630                | 5542                               | 0.55                              |
| 49  | 2.6     | 1.3      | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 0.0     | 3.9      | 321      | 547                | 4809                               | 0.48                              |
| 64  | 17.5    | 12.0     | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 0.0     | 29.5     | 2406     | 3676               | 32352                              | 3.24                              |
| 83  | 29.3    | 66.0     | 0.0           | 0.0            | 0.0     | 0.0           | 51.3    | 141.5    | 11558    | 6152               | 50446                              | 5.04                              |
| 121 | 24.2    | 68.4     | 220.8         | 15.0           | 196.9   | 24.0          | 235.9   | 333.6    | 27243    | 5085               | 41700                              | 4.17                              |
| 141 | 24.6    | 62.8     | 210.0         | 12.2           | 190.4   | 19.6          | 222.1   | 309.4    | 25271    | 5156               | 42277                              | 4.23                              |
| 155 | 18.5    | 58.8     | 217.1         | 15.2           | 195.2   | 21.9          | 232.3   | 309.6    | 25282    | 3880               | 31818                              | 3.18                              |

**Tabela 21: Leitura do ceptómetro aos 33 DAS**

| Parâmetros | P 1441 | P 0937 |
|------------|--------|--------|
| TAU        | 0,71   | 0,47   |
| IAF        | 0,71   | 1,38   |
| X          | 0,99   | 0,99   |
| Fb         | 0,90   | 0,85   |
| Zénite     | 17     | 18     |

**Tabela 22: Leitura do ceptómetro aos 49 DAS**

|        |            |       |       |       |       |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|
| P 1441 | Parâmetros | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 | Rep.4 |
|        | RFA        | 0,45  | 0,54  | 0,28  | 0,42  |
|        | IAF        | 2,02  | 1,63  | 3,14  | 2,08  |
|        | X          | 0,99  | 0,99  | 0,99  | 0,99  |
|        | Fb         | 0,66  | 0,82  | 0,84  | 0,83  |
|        | Zénite     | 16    | 16    | 16    | 16    |
|        | Media IAF  | 2,22  |       |       |       |
| P 0937 | RFA        | 0,44  | 0,29  | 0,41  | 0,39  |
|        | IAF        | 1,99  | 3,20  | 2,39  | 2,20  |
|        | X          | 0,99  | 0,99  | 0,99  | 0,99  |
|        | Fb         | 0,01  | 0,82  | 0,76  | 0,79  |
|        | Zénite     | 16    | 16    | 16    | 16    |
|        | Media IAF  | 2,45  |       |       |       |

**Tabela 23: Leitura do ceptómetro aos 64 DAS**

|        |            |       |       |       |       |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|
| P 1441 | Parâmetros | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 | Rep.4 |
|        | RFA        | 0,20  | 0,28  | 0,32  | 0,33  |
|        | IAF        | 3,51  | 3,06  | 2,55  | 2,84  |
|        | X          | 0,99  | 0,99  | 0,99  | 0,99  |
|        | Fb         | 0,82  | 0,79  | 0,76  | 0,80  |
|        | Zénite     | 20    | 20    | 20    | 20    |
|        | Media IAF  | 2.99  |       |       |       |
| P 0937 | RFA        | 0,14  | 0,12  | 0,22  | 0,2   |
|        | IAF        | 5,10  | 4,59  | 3,90  | 3,94  |
|        | X          | 0,99  | 0,99  | 0,99  | 0,99  |
|        | Fb         | 0,77  | 0,81  | 0,85  | 0,79  |
|        | Zénite     | 20    | 20    | 20    | 20    |
|        | Media IAF  | 4,38  |       |       |       |

**Tabela 24: Leitura do ceptómetro aos 83 DAS**

|        |            |        |        |        |        |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| P 1441 | Parâmetros | Rep.1  | Rep.2  | Rep.3  | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0,08   | 0,09   | 0,19   | 0,19   |
|        | IAF        | 5,09   | 4,90   | 3,52   | 3,36   |
|        | X          | 0,99   | 0,99   | 0,99   | 0,99   |
|        | Fb         | 0,77   | 0,81   | 0,72   | 0,58   |
|        | Zénite     | 22     | 22     | 22     | 22     |
|        | Media IAF  | 4.22   |        |        |        |
| P 0937 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0,05   | 0,32   | 0,08   | 0,09   |
|        | IAF        | 5,1    | 3,56   | 5,01   | 4,64   |
|        | X          | 0,99   | 0,99   | 0,99   | 0,99   |
|        | Fb         | 0,40   | 0,67   | 0,69   | 0,77   |
|        | Zénite     | 22     | 22     | 22     | 22     |
|        | Media IAF  | 4.58   |        |        |        |

**Tabela 25: Leitura com o ceptómetro aos 121 DAS**

|        |            |        |        |        |        |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| P 1441 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep.3  | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0,11   | 0,18   | 0,1    | 0,18   |
|        | IAF        | 4,16   | 3,59   | 4,02   | 3,26   |
|        | X          | 0,88   | 0,9    | 0,9    | 0,89   |
|        | Fb         | 0,88   | 0,9    | 0,9    | 0,89   |
|        | Zénite     | 46     | 46     | 46     | 47     |
|        | Média IAF  | 3,76   |        |        |        |
| P 0937 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Rep.4  |
|        | RFA        | 0,2    | 0,28   | 0,22   | 0,23   |
|        | IAF        | 3,58   | 2,17   | 3,05   | 3,11   |
|        | X          | 0,99   | 0,99   | 0,99   | 0,99   |
|        | Fb         | 0,9    | 0,26   | 0,42   | 0,9    |
|        | Zénite     | 47     | 47     | 48     | 48     |
|        | Média IAF  | 3      |        |        |        |

**Tabela 26: Leitura do ceptómetro aos 141 DAS**

|        |            |        |        |        |        |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| P 1441 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep.3  | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0.15   | 0.16   | 0.22   | 0.18   |
|        | IAF        | 3.43   | 3.275  | 3.425  | 3.14   |
|        | X          | 0.99   | 0.99   | 0.99   | 0.99   |
|        | Fb         | 0.36   | 0.9    | 0.9    | 0.89   |
|        | Zénite     | 55     | 55     | 55     | 55     |
|        | Média IAF  | 3,32   |        |        |        |
| P 0937 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0.17   | 0.25   | 0.35   | 0.31   |
|        | IAF        | 3.3    | 2.47   | 2.5    | 2.71   |
|        | X          | 0.99   | 0.99   | 0.99   | 0.99   |
|        | Fb         | 0.9    | 0.9    | 0.9    | 0.9    |
|        | Zénite     | 56     | 56     | 56     | 56     |
|        | Média IAF  | 2,75   |        |        |        |

**Tabela 27: Leitura como ceptómetro aos 155 DAS**

|        |            |        |        |        |        |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| P 1441 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0.15   | 0.16   | 0.22   | 0.18   |
|        | IAF        | 2.7    | 2.96   | 2.83   | 3.02   |
|        | X          | 0.99   | 0.99   | 0.99   | 0.99   |
|        | Fb         | 0.34   | 0.9    | 0.9    | 0.89   |
|        | Zénite     | 55     | 55     | 55     | 55     |
|        | Média IAF  | 2.88   |        |        |        |
| P 0937 | Parâmetros | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Rep. 4 |
|        | RFA        | 0.17   | 0.25   | 0.35   | 0.31   |
|        | IAF        | 2.95   | 2.32   | 1.96   | 2.3    |
|        | X          | 0.99   | 0.99   | 0.99   | 0.99   |
|        | Fb         | 0.9    | 0.9    | 0.9    | 0.9    |
|        | Zénite     | 56     | 56     | 56     | 56     |
|        | Média IAF  | 2.4    |        |        |        |

**Tabela 28:** Número obtido em cada planta de folhas verdes e senescentes dos 33 aos 155 DAS em ambas as variedades

|               | 33 DAS     |          | 49 DAS      |          | 69 DAS      |          | 83 DAS      |          | 121 DAS    |            | 141 DAS    |             | 155 DAS     |             |
|---------------|------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>P 1441</b> | Fl Vd/pl   | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl   | Fl Sn/pl   | Fl Vd/pl   | Fl Sn/pl    | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl    |
|               | 6          | 0        | 8           | 0        | 13          | 0        | 14          | 0        | 10         | 3          | 4          | 9           | 1           | 12          |
|               | 7          | 0        | 10          | 0        | 11          | 0        | 14          | 0        | 10         | 2          | 6          | 6           | 0           | 12          |
|               | 8          | 0        | 9           | 0        | 11          | 0        | 14          | 0        | 10         | 3          | 4          | 10          | 1           | 12          |
|               | 7          | 0        | 11          | 0        | 11          | 0        | 13          | 0        | 9          | 3          | 3          | 10          | 1           | 10          |
|               | 8          | 0        | 10          | 0        | 11          | 0        | 14          | 0        | 10         | 2          | 5          | 8           | 2           | 11          |
|               | 6          | 0        | 10          | 0        | 11          | 0        | 14          | 0        | 9          | 0          | 5          | 8           | 0           | 13          |
|               | 8          | 0        | 9           | 0        | 11          | 0        | 14          | 0        | 9          | 3          | 7          | 5           | 2           | 11          |
|               | 8          | 0        | 9           | 0        | 11          | 0        | 13          | 0        | 11         | 2          | 4          | 9           | 1           | 11          |
| <b>Med</b>    | <b>7,3</b> | <b>0</b> | <b>9,5</b>  | <b>0</b> | <b>11,3</b> | <b>0</b> | <b>13,8</b> | <b>0</b> | <b>9,8</b> | <b>2,3</b> | <b>4,8</b> | <b>8,1</b>  | <b>1</b>    | <b>11,5</b> |
| <b>P 0937</b> | Fl Vd/pl   | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl | Fl Vd/pl   | Fl Sn/pl   | Fl Vd/pl   | Fl Sn/pl    | Fl Vd/pl    | Fl Sn/pl    |
|               | 7          | 0        | 11          | 0        | 12          | 0        | 14          | 0        | 10         | 3          | 2          | 11          | 1           | 11          |
|               | 8          | 0        | 11          | 0        | 12          | 0        | 15          | 0        | 13         | 0          | 0          | 12          | 0           | 11          |
|               | 8          | 0        | 11          | 0        | 12          | 0        | 14          | 0        | 11         | 2          | 3          | 10          | 1           | 12          |
|               | 8          | 0        | 11          | 0        | 13          | 0        | 14          | 0        | 10         | 1          | 2          | 11          | 0           | 13          |
|               | 7          | 0        | 9           | 0        | 13          | 0        | 14          | 0        | 9          | 4          | 1          | 12          | 0           | 13          |
|               | 9          | 0        | 9           | 0        | 13          | 0        | 14          | 0        | 9          | 3          | 2          | 12          | 0           | 11          |
|               | 10         | 0        | 10          | 0        | 11          | 0        | 13          | 0        | 11         | 2          | 1          | 12          | 1           | 10          |
|               | 9          | 0        | 11          | 0        | 0           | 0        | 14          | 0        | 7          | 5          | 1          | 12          | 0           | 11          |
| <b>Med</b>    | <b>8,3</b> | <b>0</b> | <b>11,3</b> | <b>0</b> | <b>12,3</b> | <b>0</b> | <b>14</b>   | <b>0</b> | <b>10</b>  | <b>2,5</b> | <b>1,5</b> | <b>11,5</b> | <b>0,38</b> | <b>11,5</b> |

**Tabela 29:** Componentes do rendimento obtidos aos 155 DAS para a variedade P 1441

| P 1441     | PMG Verde    | PMG Seco     | % de Humidade | Nº de filas | Nº de gr/fila | Nº de grs/esp | Nº de grs/m² | Rendimento em grão (Kg/ha) |
|------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------|
|            | 396.0        | 306.4        | 22.6          | 16          | 41            | 656           | 5029         | 11803,18                   |
|            | 400.8        | 302.8        | 24.5          | 18          | 36            | 648           | 4968         | 11523,02                   |
|            | 440.4        | 324.8        | 26.2          | 16          | 41            | 656           | 5029         | 12511,99                   |
|            | 402.8        | 302.8        | 24.8          | 18          | 22            | 396           | 3036         | 7041,844                   |
|            | 391.2        | 287.6        | 26.5          | 16          | 22            | 352           | 2699         | 5945,94                    |
|            | 385.2        | 301.6        | 21.7          | 16          | 32            | 512           | 3925         | 9067,755                   |
|            | 444.4        | 338.8        | 23.8          | 18          | 28            | 504           | 3864         | 10027,88                   |
|            | 371.6        | 288.0        | 22.5          | 16          | 20            | 320           | 2453         | 5411,514                   |
| <b>Med</b> | <b>404.1</b> | <b>306.6</b> | <b>24.1</b>   | <b>16.8</b> | <b>30.3</b>   | <b>505.5</b>  | <b>3876</b>  | <b>9 167</b>               |

**Tabela 30: Componentes do rendimento obtidos aos 155 DAS para a variedade P 0937**

| P 0937     | PMG Verde    | PMG Seco     | % de humidade | Nº de filas | Nº de gr/fila | Nº de grs/esp | Nº de grs/m <sup>2</sup> | Rendimento em grão (Kg/ha) |
|------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|---------------|--------------------------|----------------------------|
|            | 398.0        | 324.4        | 18.5          | 14          | 39            | 546           | 4459                     | 11803,44                   |
|            | 340.4        | 280.4        | 17.6          | 18          | 47            | 846           | 6909                     | 15808,23                   |
|            | 377.2        | 310.8        | 17.6          | 16          | 37            | 592           | 4835                     | 12262,18                   |
|            | 336.8        | 276.0        | 18.1          | 16          | 40            | 640           | 5227                     | 11772,04                   |
|            | 382.8        | 308.0        | 19.5          | 18          | 34            | 612           | 4998                     | 12561,37                   |
|            | 339.2        | 274.8        | 19.0          | 18          | 41            | 738           | 6027                     | 13514,75                   |
|            | 444.8        | 367.6        | 17.4          | 14          | 30            | 420           | 3430                     | 10 288,68                  |
|            | 431.2        | 333.6        | 22.6          | 16          | 36            | 576           | 4704                     | 12811,47                   |
| <b>Med</b> | <b>381.3</b> | <b>309.5</b> | <b>18.8</b>   | <b>16.3</b> | <b>38.0</b>   | <b>621.3</b>  | <b>5074</b>              | <b>12 602</b>              |