



Escola Superior Agrária de Santarém

Validação do modelo do integral térmico para a Ervilha (*Pisum sativum* L.) para indústria

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre na área de Agricultura Sustentável

Gustavo Miguel Neto Gaudêncio

Orientador:

Doutor Artur José Guerra Amaral

Dezembro 2018

Agradecimentos

A presente dissertação de mestrado não poderia ter sido realizada sem o precioso apoio de várias pessoas.

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Artur José Guerra Amaral, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante todo o mestrado. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar. Desejo igualmente agradecer ao meu colega de Mestrado Carlos Maximiano, cujo apoio, parceria e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

Por último, quero agradecer à minha família e amigos pelo apoio que me deram, especialmente à minha esposa, filha e aos meus pais, pela amizade e apoio incondicional durante todo o mestrado.

Resumo

A cultura de ervilha assume grande importância na região do Vale do Tejo. A cultura é realizada em sistema de cultura intercalar, na época de outono-inverno, a anteceder a cultura principal de primavera. O escoamento da produção na grande maioria é para a indústria de congelação, por esta razão há uma elevada necessidade de garantir o escalonamento da colheita de forma a perfazer a capacidade diária industrial de um modo contínuo.

Perante esta necessidade e exigência cada vez mais rigorosa por parte das indústrias, há a necessidade de recorrer a ferramentas mais precisas para a execução do planeamento de sementeiras e respectivas colheitas, como tal, neste trabalho procurou-se validar um modelo do integral térmico para duas das principais variedades de indústria de congelação, a “Boogie” e a “Naches”.

Para o cálculo do integral térmico foi considerado a temperatura base de 4,5° C e procurou-se comparar a data estimada para a colheita tendo em conta as unidades de calor dos três anos anteriores a 2018, ou seja, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 com as temperaturas reais de 2017/2018.

Tanto a “Boogie” como a “Naches” apresentaram um desvio relativo às datas de colheita inicialmente estimadas para com as datas reais de colheita que não é significativo, pelo que o modelo de integral térmico poderá ser usado para estimar a data de colheita nestas duas variedades. No entanto, quando o parâmetro da temperatura base foi alterado para 1 °C obteve-se melhores resultados no caso da “Boogie”. Para a variedade “Naches” a relação entre os valores observados e estimados da data de colheita foi mais próxima para uma temperatura base de 2°C.

Palavras chave: *Pisum sativum* L., planificação de colheita, modelo de integral térmico, temperatura base; variedades

Abstract

Green pea crop has great importance in the Vale do Tejo region. The crop is carried out in an intercropping system, in the autumn-winter season, before the main spring crop. The production flow is mostly for the freezing industry, for this reason there is a high need to ensure the harvesting of the crop in order to make up the daily industrial capacity in a continuous way.

Faced with this need and increasingly stringent requirements of the industries, there is a need to use more precise tools for the execution of the planning of sowings and their crops, as such, in this work we have validate a model of the thermal integral for two of the main varieties of freezing industry, the "Boogie" and the "Naches".

In order to calculate the thermal integral, was considered a base temperature of 4.5 ° C and an attempt was made to compare the estimated harvesting date, taking into account the heat units of the three years prior to 2018, years of 2014/2015, 2015/2016 and 2016/2017 with the actual temperatures of 2017/2018.

Both "Boogie" and "Naches" showed a deviation relative to harvest dates initially estimated for actual harvest dates which is not significant, so the thermal integral model can be used to estimate the harvest date in these two varieties. However, when the base temperature parameter was changed to 1°C, better results were obtained in the case of Boogie. For the "Naches" variety the relationship between the observed and estimated values of the harvesting date was closer to a base temperature of 2°C.

Keywords: *Pisum sativum* L., harvest planning, integral thermal model, base temperature, varieties.

Índice geral

1 - Introdução.....	1
2 - Revisão bibliográfica.....	2
2.1 - Importância económica da ervilha verde.....	2
2.1.1 – A nível mundial.....	2
2.2.2 – A nível da UE.....	3
2.2.3 – Em Portugal.....	5
2.2 – Efeito das temperaturas no desenvolvimento.....	6
2.3 – Valor de temperatura base.....	7
2.4 – Modelos para estimativa do desenvolvimento.....	7
3 – Material e métodos.....	8
3.1 – Localização e caracterização dos campos em estudo.....	8
3.2 – Caracterização climática	8
3.3 – Caracterização do solo.....	9
3.4 – Delineamento experimental –.....	9
3.5 – Caracterização varietal.....	9
3.6 – Avaliação dos parâmetros de qualidade.....	9
4 – Apresentação dos resultados e sua discussão.....	10
4.1 – Calculo do integral térmico observado (real).....	10
4.2 – Efeito do integral térmico na produtividade média das variedades.....	10
4.3 – Validação do modelo do integral térmico.....	11
4.3.1 – Por variedade.....	11
4.3.2 – Por variedade alterando o temperatura base	15
4.3.3 – No conjunto das variedades.....	16
4.4 – Efeito do integral térmico na tenderometria.....	16
5 – Conclusões.....	17

6 – Bibliografia.....	18
6.1 – Referência bibliográficas.....	18
6.2 – Webgrafia.....	18

Índice de quadros

Quadro 1 – Superfície e produção de ervilha verde em Portugal.....	6
Quadro 2 – Características varietais segundo os fornecedores de semente.....	14
Quadro 3 – Teste t student de duas amostras com variâncias desiguais.....	17
Quadro 4 – Diferencial estimado vs real para zeros de vegetação de 1 ° C e 2° C.....	21
Quadro 5 – Teste t student: duas amostras com variâncias desiguais.....	22

Índice de figuras

Figura 1 – Evolução de superfície cultivada com ervilha verde a nível mundial. (Fonte: FAOSTAT, 2018)	2
Figura 2 – Evolução da produção de ervilha verde no mundo. (Fonte: FAOSTAT, 2018).....	2
Figura 3 – Principais países produtores e respetivas produções de ervilha verde no mundo. (Fonte: FAOSTAT, 2018).....	3
Figura 4 – Evolução da produtividade de ervilha verde no mundo. (Fonte: FAOSTAT, 2018)..	3
Figura 5 – Evolução de superfície de ervilha verde na Europa. (Fonte: FAOSTAT, 2018).....	4
Figura 6 – Evolução da produção de ervilha verde na Europa.....	5
Figura 7 – Evolução da produtividade de ervilha verde na EU (FAOSTAT, 2018).....	5
Figura 8 – Evolução da produção de ervilha verde em Portugal. (INE, 2018).....	6
Figura 9 – Região do Vale do Tejo, onde se localizam a totalidade das parcelas de cultivo de ervilha.....	10
Figura 10 – Mapa da região do Vale do Tejo, com os tipos de solo mais importantes.....	11
Figura 11 – Produtividade média das vinte parcelas de cultivo, para as variedades Boogie e Naches, respectivamente. (As barras verticais representam os intervalos de confiança para 95% de confiança)12	
Figura 12 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas pelo modelo do integral térmico, para as variedades Boogie e Naches.....	13
Figura 13 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Boogie.....	16
Figura 14 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas pelo modelo do integral térmico, para as variedades Boogie e Naches.....	17
Figura 15 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Boogie.....	18
Figura 16 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Naches.....	18

Símbolos e abreviaturas

CV – Coeficiente de variância

DP – Desvio padrão

IC – Intervalo de confiança

IT – Integral térmico

UC – Unidade de calor

UE – União Europeia

°Cd – Grau dia

Tb – Temperatura base

1 – Introdução

A ervilha para congelação assume grande importância na região do Vale do Tejo. Esta, é realizada em sistema de cultura intercalar, na época de outono-inverno, a anteceder a cultura principal de primavera. Neste sistema de produção ela contribui para o incremento da diversidade cultural, para além de funcionar como um óptimo precedente cultural do ponto de vista agronómico pelo facto de deixar resíduos orgânicos no solo, com especial destaque para o azoto. Ela tem, ainda, a capacidade de extrair o azoto da atmosfera através da sua associação com bactéria do género *Rhizobium* sp.; Contribui para o controlo das infestantes, e interrompe o ciclo de algumas pragas e doenças, especialmente aquelas que são usuais na cultura do tomate e/ou milho.

Tratando-se de uma cultura horto-industrial, cujo propósito é a indústria de congelação, a planificação da sua colheita assume particular relevância, na medida em que interfere com a logística de colheita, transporte e recepção na fábrica. A utilização de modelos baseados no integral térmico, para avaliação do desenvolvimento e consequente data de colheita, assume particular importância e constituem um apoio à tomada de decisão.

Foi parametrizado um modelo de integral térmico utilizando as médias das unidades de calor calculadas a partir das temperaturas médias dos anos 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017, para os meses de Dezembro a Maio. Neste modelo foi considerado a temperatura base de 4,5 °C.

Com este trabalho pretendeu-se validar um modelo de integral térmico, aplicado a duas variedades de ervilha (Boogie e Naches) utilizando-se os dados de temperatura do ano de 2017/2018 e o modelo parametrizado anteriormente.

A escolha das variedades Boogie e Naches deve-se ao facto de elas representarem uma área de cultivo significativa desde há quatro anos.

Investigação detalhada do efeito da temperatura no desenvolvimento revelou claramente que uma formulação térmica linear é uma abordagem válida para um modelo de desenvolvimento de ervilha verde. Para a emergência, estado vegetativo e reprodutivo de várias variedades de ervilhas, uma temperatura base 2.98 °C, temperatura optima de 28.38 °C e a temperatura máxima de 38,38 °C são apropriados.

2 – Revisão bibliográfica

2.1 – Importância económica da ervilha verde

2.1.1 – A nível mundial

A ervilha (*Pisum sativum* L) é cultivada como uma cultura vegetal que tem crescido em superfície, desde 2001 a uma média de 62 mil ha por ano, alcançando um máximo histórico em 2017 de 2.500 milhões de hectares (Figura 1).

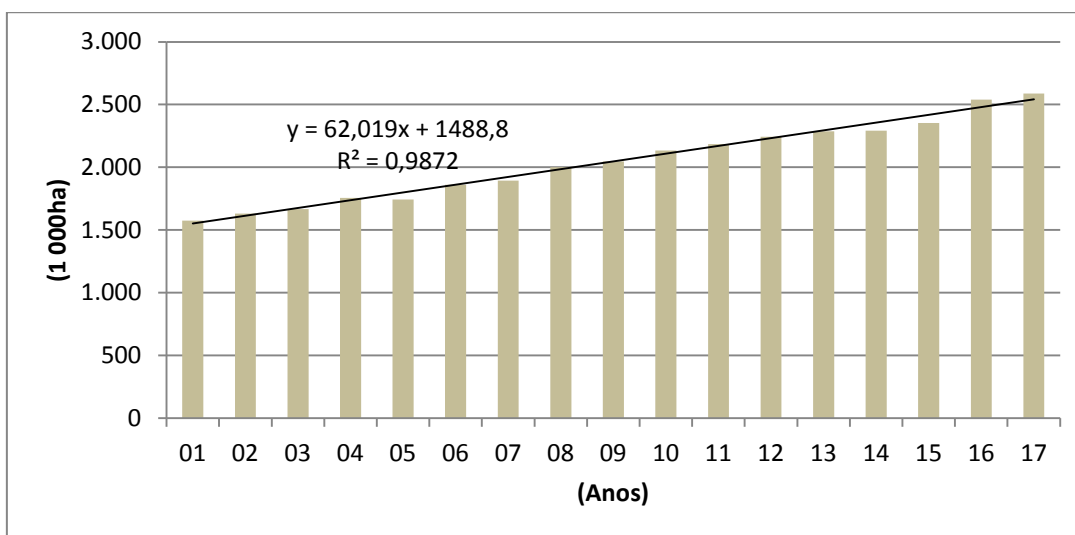


Figura 1 – Evolução de superfície cultivada com ervilha verde a nível mundial. (Fonte: FAOSTAT, 2018)

A produção mundial tem vindo a aumentar de um modo significativo, a uma média anual de 483 mil t desde o ano de 2001, situando-se em 2017 em cerca de 20 milhões de toneladas (Figura 2).

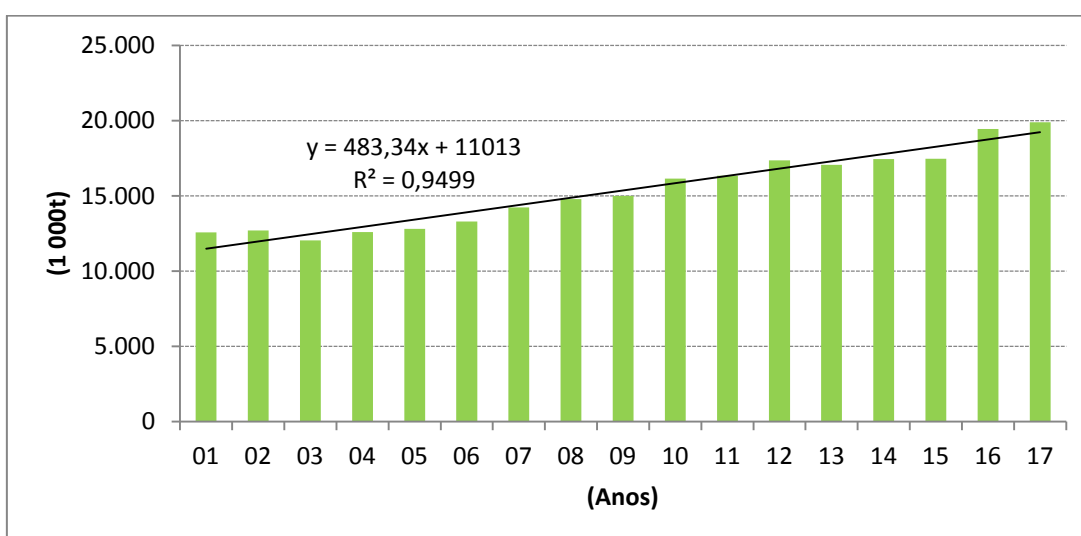


Figura 2 – Evolução da produção de ervilha verde no mundo. (Fonte: FAOSTAT, 2018)

Os principais produtores de ervilha são a China com 68 % da produção mundial, Índia com 27 % e os USA com 2%.

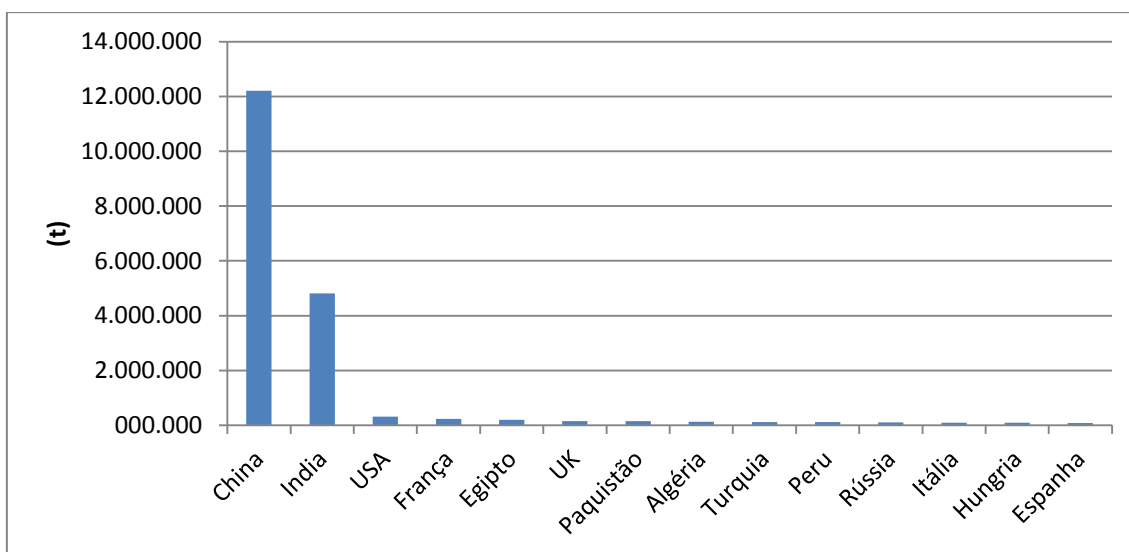


Figura 3 – Principais países produtores e respectivas produções de ervilha verde no mundo. (Fonte: FAOSTAT, 2018).

Em termos de produtividade, esta tem vindo a aumentar gradualmente ao longo dos anos devido essencialmente à evolução das técnicas culturais e ao melhoramento genético das variedades (Figura 4).

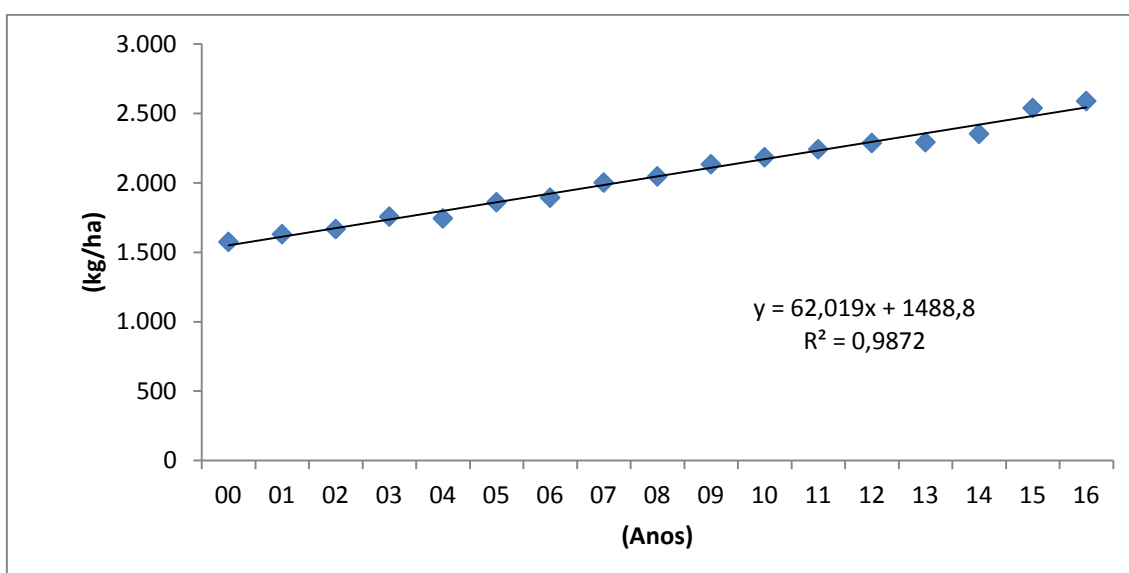


Figura 4 – Evolução da produtividade de ervilha verde no mundo. (Fonte: FAOSTAT, 2018).

2.1.2 – A nível da UE

O número de hectares de ervilha verde a nível da UE permaneceu relativamente estável nos últimos cinco anos, mas caiu na mudança de século. A Alemanha, a Bélgica, a Espanha, a Itália, a França e o Reino Unido são os maiores produtores de ervilha, porém, o Reino Unido destaca-se por ser o maior produtor de ervilhas para congelação na Europa. (Fonte: www.peas.org/facts). A produção de ervilha está localizada no lado leste do Reino Unido.

A área semeada de ervilha verde na europa não tem sido constante, no entanto nos últimos anos tem vindo a aumentar gradualmente (Figura 5).

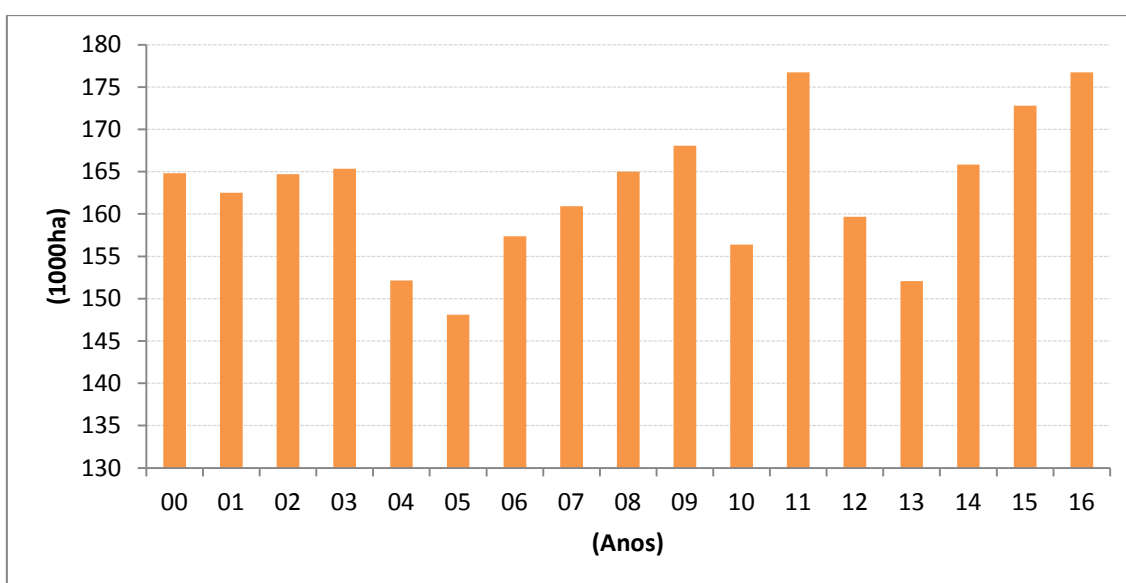


Figura 5 – Evolução de superfície de ervilha verde na Europa. (Fonte: FAOSTAT, 2018).

Com as constantes alterações climáticas que a europa tem vindo a sofrer, a produção de ervilha verde tem tido quebras significativas (Figura 6). Deste modo, a produtividade por hectare tem sido também afetada. Em alguns países, como é o caso da França, os produtores tem vindo a substituir a cultura da ervilha pela da faveira, sendo esta mais produtiva e com maior impacto em termos de biomassa e com maior quantidade de resíduos orgânicos deixados no solo.

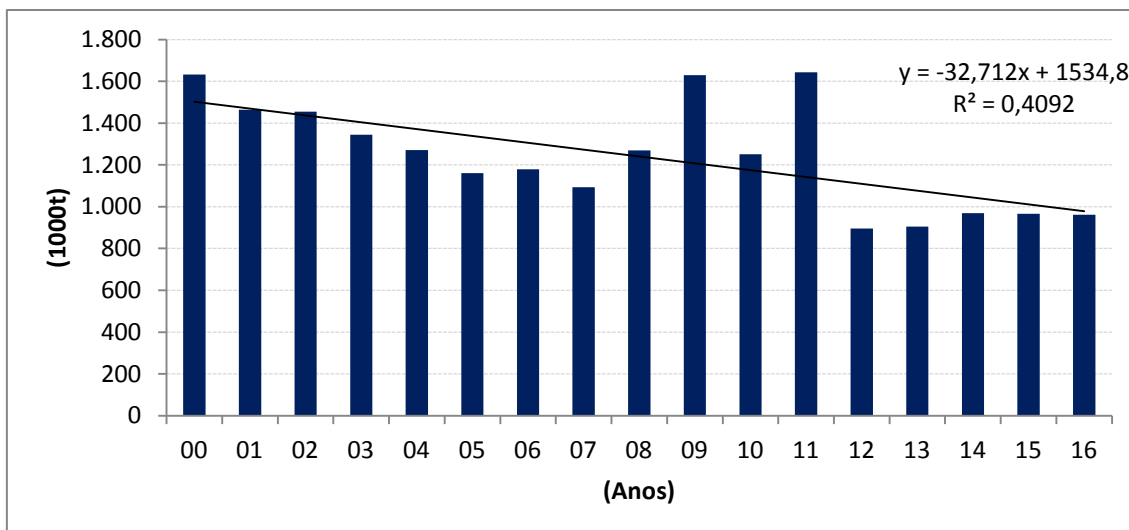


Figura 6 – Evolução da produção de ervilha verde na Europa.

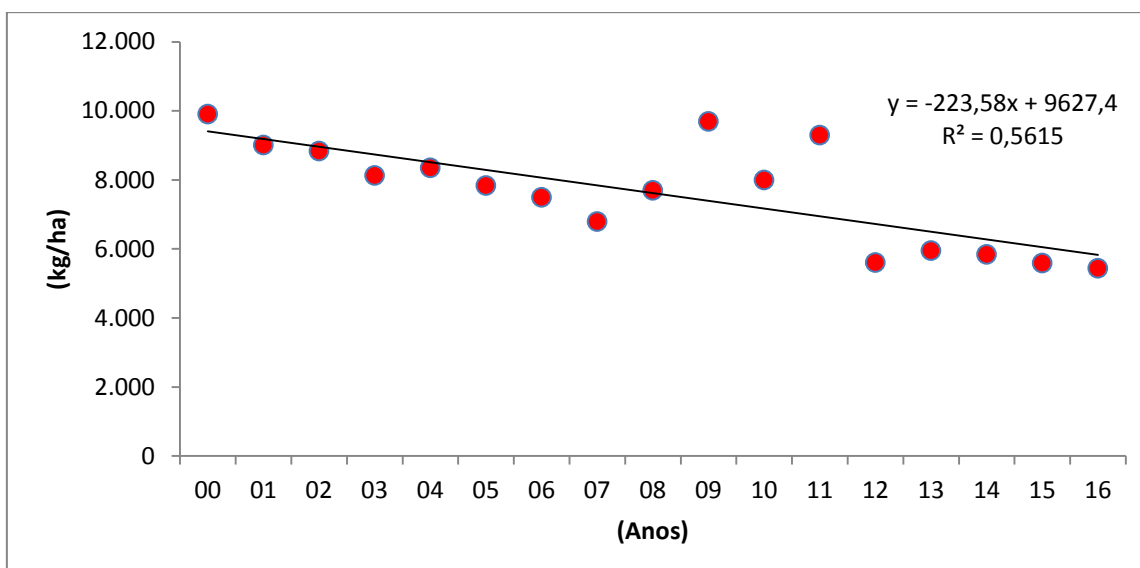


Figura 7 – Evolução da produtividade de ervilha verde na EU (FAOSTAT, 2018).

2.1.3 – Em Portugal

A produção de ervilha verde em Portugal tem variado ao longo dos anos (Figura 8), sendo que em 2017 teve maior expressão em termos de área, 1 556 ha (Quadro 1). No entanto, em termos de quantidade produzida, o valor recorde foi alcançado na campanha de 2015, com 18 796 toneladas (Fonte: INE I.P, 2018).

Quadro 1 – Superfície e produção de ervilha verde em Portugal nos anos de 2015 a 2017
(Fonte: INE, 2018)

	Anos		
	2015	2016	2017
Superfície (ha)	1 140	716	1 556
Produção (t)	18 796	10 420	11 810

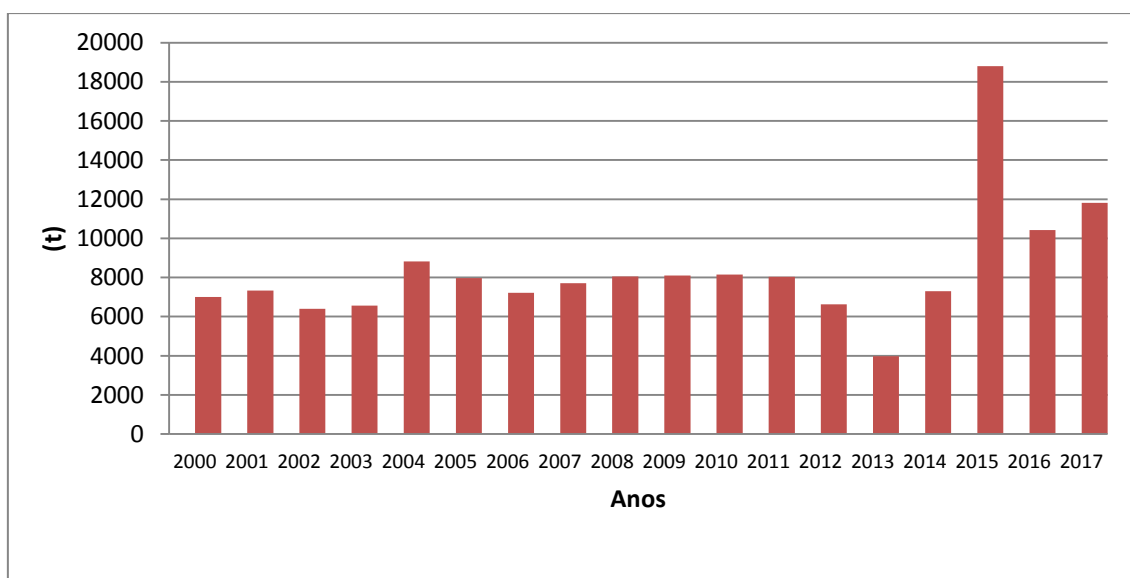


Figura 8 – Evolução da produção de ervilha verde em Portugal. (INE, 2018)

2.2 – Efeito das temperaturas no desenvolvimento

Para a ervilha e outras espécies de leguminosas o início da formação dos sucessivos nós e entrenós ocorre a uma taxa constante ao longo do ciclo cultural calculado em função dos graus dias acumulados (Lecoeur et al, 1995).

A ervilha é uma cultura climática fria e a temperatura média diária ideal é de 17 °C com um mínimo de 10 °C e um máximo de 23 °C. As plantas jovens podem tolerar a geada leve, mas as flores e as vagens são sensíveis a geadas. Nos trópicos, perto do equador, as ervilhas são cultivadas a cerca de 1 500 m de altitude, ou como uma cultura de inverno em áreas distantes do equador. O período de crescimento normal é de 75 a 115 dias para a ervilha fresca.

O ciclo da ervilha divide-se em várias fases de desenvolvimento: a emergência, o crescimento vegetativo, a floração, a fase de vingamento e enchimento das vagens e a maturação, no caso da ervilha para seco.

A emergência tem uma duração muito variável dependendo das condições de sementeira, variando de 8 a 20 dias.

Investigação detalhada do efeito da temperatura no desenvolvimento revelou claramente que uma formulação térmica linear é uma abordagem válida para um modelo de desenvolvimento de ervilha verde. De acordo com Olivier e Annandale (1997) para a fase de emergência, estado vegetativo e reprodutivo de várias variedades de ervilhas, a temperatura base de 2,98 °C, a temperatura ótima de 28,38 °C e a temperatura máxima de 38,38 °C são as mais apropriadas.

Num ensaio de campo o efeito das baixas temperaturas na germinação de diferentes genótipos de ervilha, em dez campos de ervilha (*Pisum sativum* L.) diferindo no tipo de folha, cor de flor e semente, resistência ao frio e hábito de crescimento foi avaliado para valores de temperaturas de 2 °C, 5 °C e 10 °C, comparativamente a uma temperatura de controlo de 20 °C. As sementes germinaram e emergiram em temperaturas variando de 5 a 20 °C. A germinação e a emergência foram maiores em todos os testes a 10 °C, seguidos dos 20 °C. A germinação e a emergência ocorreram mais cedo a 20 °C e foram atrasadas com a diminuição da temperatura. Os valores de GT50 e ET50 (dias para 50% de germinação ou emergência) foram mais curtos a 20 °C e mais longos a 5 °C. Temperaturas baixas, particularmente a 5 °C, causaram uma clara redução no crescimento e desenvolvimento das raízes e no rendimento e no peso individual das plântulas. As sementes não germinaram ou emergiram a 2 °C quando deixadas por 216 dias, entretanto, as sementes de alguns testes emergiram com sucesso quando transferidas para 20 °C após esse período (F.C. Olivier, J.G. Annandale, 1997). O crescimento vegetativo, entre a emergência e floração, é determinado pela precocidade (fator varietal) e, portanto, pelo nó da primeira flor (9 a 18), 35 a 50 dias.

Segundo Weni, as ervilhas têm um melhor desenvolvimento a temperaturas abaixo de 21 °C e deixam de se desenvolver em temperaturas de 29,4 °C.

A fase de enchimento da vagem e grão varia consoante as condições climáticas (temperaturas) mas pode-se considerar um período médio entre 25 a 45 dias.

Antes da floração as fases fenológicas da ervilha são definidas pelo número de folhas ou nós do caule principal, sabendo que os primeiros dois nós (subterrâneos) emitem apenas folhas simples.

Cada andar de flor reproduz um esquema de desenvolvimento idêntico, tal como o aparecimento de botões de florais, abertura de flores e fertilização, formação e alongamento da vagem e formação do grão de ervilha (formação de calibre e dureza). Alcade e Larraín (2006) caracterizaram 9 genótipos de ervilha, considerando os 4 principais genes responsáveis

pela floração. Estes autores referem que, para além da temperatura, o início da floração é sensível ao período de fotoperíodo, identificado, de acordo com a presença dos genes dominantes três fases de sensibilidade: pré-sensível, fotoperíodo sensível, e fase pós-sensível.

Poggio et al. (2005) determinaram que são necessários 200 °Cd, a uma temperatura base de 4 °C, depois da floração em cada um dos nós, para se alcançar a fase final do abortamento da semente. A fase de enchimento do grão, no primeiro nó reprodutivo, decorre desde a fase final do abortamento da semente desse nó até se alcançar essa mesma fase no segundo nó em floração.

O rendimento é definido a partir dos primeiros 3 a 5 estados de frutificação os quais correspondem à fase mais sensível do ciclo.

2.3 – Valor da temperatura base

O valor de temperatura base é fundamental para o cálculo do integral térmico variando com a variedade e o estado de desenvolvimento.

No caso da cultura da ervilha, a temperatura base normalmente considerada é o valor de 4,5 °C, embora alguns investigadores optem pelos 5, 5 °C (Holmes, 1959). Olivier e Annandale (1998) consideram para a fase da germinação um valor de temperatura base de 0°C, para a emergência, fase vegetativa e reprodutiva o valor de 3 °C é o mais apropriado. Estes mesmos autores estimaram que são necessários, para as condições de cultivo da África do Sul, 100 °Cd para a emergência, 260 °Cd para se alcançar a fase das 4 folhas, 380 °Cd até à sétima folha, e 730 °Cd para a 14ª folha. Entre a sementeira e a floração o Integral térmico variou entre 770 °Cd e os 890 °Cd para diferentes variedades; desde a sementeira até à maturação (grau tenderométrico de 130 Psi) o integral térmico variou entre 1 370 °Cd e os 1 450 °Cd.

2.4 – Modelos para estimativa do desenvolvimento

A maturação das ervilhas depende do desenvolvimento da temperatura, correlacionada com o número de unidades de calor atingidas. Estas influenciam o crescimento e a maturação, influenciando no final do ciclo cultural a produtividade e os parâmetros de qualidade, nomeadamente a tenderometria do bago de ervilha.

Os três fatores de crescimento importantes que influenciam o desenvolvimento de ervilhas são portanto a temperatura, a radiação (nomeadamente a PAR) absorvida pelo coberto vegetal, e a absorção da água, para o transporte de nutrientes disponíveis e satisfação das necessidades fisiológicas da planta.

O conceito de soma da unidade de calor do desenvolvimento da planta foi introduzido cerca de 200 anos atrás e, desde então, tem sido usado por ecologistas e geógrafos. Mais recentemente, o conceito foi aplicado para prever a maturação de culturas. Entre os modelos existentes, o modelo mais básico e simplista considera que a influência da temperatura pode ser medida em Unidades de Calor (UC), calculadas pela fórmula (1).

$$\text{UC} = ((\text{Temperatura máxima diária} + \text{Temperatura mínima diária})/2) - \text{Temperatura base. (1)}$$

A temperatura base varia de espécie para espécie, pelo que no caso da ervilha esta medida foi determinada a 4,5 °C, abaixo desta temperatura não é possível o desenvolvimento e crescimento da ervilha. <http://www.vanwaveren.de>.

Cada variedade requer que uma certa quantidade de unidades de calor para atingir a maturação, que se acumula a partir das leituras diárias de temperatura após a dedução de uma temperatura base sob a qual nenhum crescimento é possível.

Na cultura da ervilha para indústria, a sementeira tem que ser ajustada tendo em conta um maior rigor na previsão de colheita, dado que esta terá que ser processada na fábrica dentro de poucas horas, isto é, o tempo entre a colheita e o processamento, em regra, deverá ser de apenas 150 minutos, garantindo assim as melhores condições organolépticas. Esta situação não acontece na maioria das outras culturas.

Com base no dia de colheita ideal, tendo em consideração o integral térmico, do ciclo da variedade correspondente, determina-se a data de sementeira mais adequada, em função da área a colher diariamente para satisfazer em contínuo as necessidades da unidade fabril. Deverão ser acumuladas cerca de 15 °Cd ($T_b = 4,5^\circ\text{C}$) entre duas datas de sementeira consecutivas, a fim de alcançar um dia de diferença na colheita.

Segundo algumas casas comerciais de sementes de ervilha, na Europa Central consideramos 15 UC por dia durante o período de colheita de meados de junho até o início de agosto. Essa média pode ser ajustada em outras regiões de cultivo, em caso de condições divergentes.

3 – Material e métodos

3.1 – Localização e caracterização das parcelas

Na realização deste estudo foram consideradas parcelas de cultivo de produtores de ervilha de uma unidade industrial localizada na região do Vale do Tejo. As parcelas em estudo localizaram-se quase todas elas nos concelhos de Alpiarça, Chamusca, Golegã, e Almeirim, nas imediações do Rio Tejo (Figura 9). As parcelas de cultivo apresentaram áreas a variar desde os 2ha até 22ha, sendo a área média de 12,5ha.



Figura 9 – Região do Vale do Tejo, onde se localizam a totalidade das parcelas de cultivo de ervilha.

3.2 – Caracterização climática

O clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen, divide-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb), sendo que nos casos em estudo localizam-se na região designada por Csa. Perante a classificação de Thornthwaite, o clima é sub-húmido seco (C1B''2sa'), mesotérmico, com moderado excesso de água no Inverno, com nula ou pequena concentração da eficiência térmica. No gráfico da Figura 10 pode-se observar os valores médios mensais da temperatura máxima (Tmax) média (Tmed) e mínima (Tmin) normais e 2016/2017 para os meses de dezembro a maio. Pela sua observação verifica-se que os valores da temperatura máxima, média e da temperatura mínima do ano foi superior para os meses de abril e maio, relativamente aos valores normais.

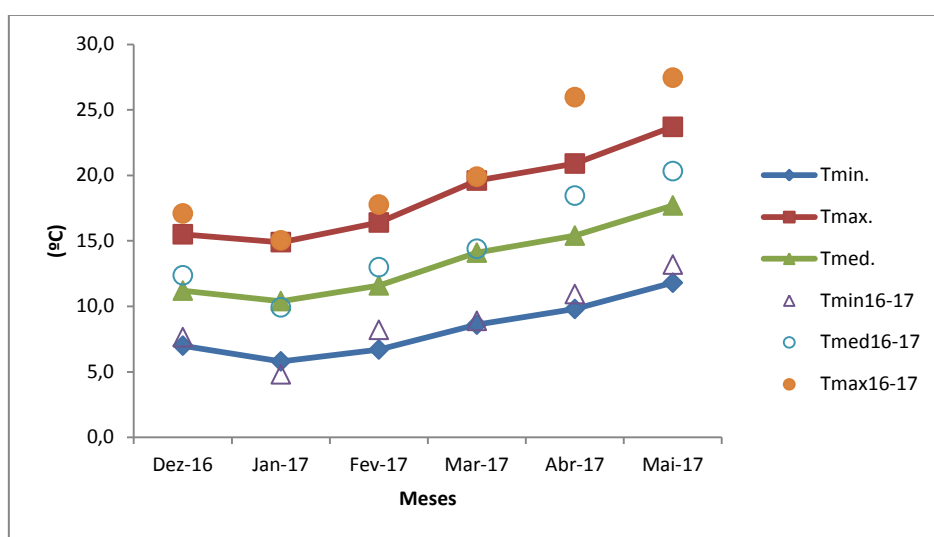


Figura 10 – Evolução dos valores médios mensais da temperatura máxima (Tmax) média (Tmed) e mínima (Tmin) normais e 2016/2017 para os meses de dezembro a maio.

No gráfico da Figura 11 apresenta-se a evolução comparativa dos valores normais da precipitação mensal acumulada (1981-2010) com os valores mensais de 2016/2017 para os meses de dezembro a maio. Verifica-se que nos meses de Janeiro, Março e Maio de 2016-2017 a precipitação foi ligeiramente superior relativamente ao acumulado de 1981-2010.

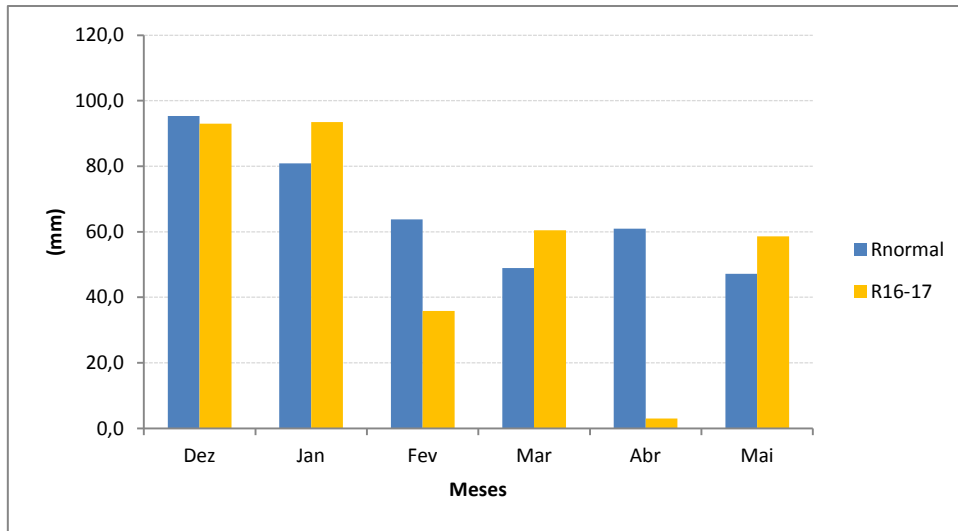


Figura 11 – Evolução comparativa dos valores normais da precipitação mensal acumulada (1981-2010) com os valores mensais mensais de 2016/2017 para os meses de dezembro a maio.

superfície e onde o horizonte superficial apresenta maiores teores de matéria orgânica. A textura destes solos é ligeira, sendo constituída por areia grossa.

3.4 – Delineamento experimental - Modelo do integral térmico

Para o planeamento de sementeira/colheita na cultura de ervilha foi utilizado o modelo do integral térmico apresentado no capítulo 2.4, através da expressão (1). O valor diário correspondente à UC do modelo foi calculado com base nas temperaturas médias diárias do período entre dezembro e maio dos anos de 2014/2015; 2015/2016 e 2016/2017. Inicialmente, foi considerado a temperatura base (Tb) de 4,5 °C.

Os valores das datas estimadas de colheita fornecidas pelo modelo, com base no integral térmico das duas variedades (850 °Cd e 898 °Cd, para Boogie e Naches, respectivamente) foram validados com as datas reais de colheita, do ano de 2017/2018.

Os valores das temperaturas foram registados através da estação meteorológica da Fonte Boa localizada no Vale de Santarém e cedidas pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

Foram consideradas 20 parcelas de cultivo, respectivamente para a variedade Boogie e Naches.

3.5 – Caracterização varietal

No Quadro 2 apresentam-se as principais características das duas variedades utilizadas no estudo. Pela sua análise é possível verificar que a variedade Naches apresenta um período de maturação mais longo e maior valor de UC, comparativamente à variedade Boogie. A estatura da planta é inferior na variedade Naches, relativamente à Boogie.

Quadro 2 – Características varietais segundo os fornecedores de semente.

Variedade	Casa de sementes	Dias de maturação	UC de ciclo	Altura da planta (cm)	Nº de grãos/vagem	Tamanho médio do grão de ervilha (mm)	PMS (gr)	Resistência		
								Fop1	Ep	Pv
Boogie	Van Waveren	10	850	65-70	7 a 9	3,7	210	RE	RE	
Naches	Strube	14	898	60	8 a 9	3,7	161		R	

3.6 – Avaliação dos parâmetros de qualidade

O parâmetro de qualidade mais importante na ervilha para congelação é o grau tenderométrico.

O grau tenderométrico é medido pelo aparelho designado por Tenderómetro e é usado para medir o grau de maturação das ervilhas e determinar se estão prontas para a colheita. Este aparelho mede a força necessária para efetuar uma ação de esmagamento através de uma amostra de ervilha. As leituras são expressas em unidades de tenderometro. A leitura do tenderômetro e o rendimento do produto limpo são usados para determinar os pagamentos do produtor.

Para garantir que o tenderometro forneça leituras comparáveis e consistentes, são verificados no início da campanha e em intervalos periódicos adicionais, através de medições com amostras de ervilha devidamente padronizadas.

Em geral, o intervalo de valor de tenderometria para que se consiga obter um bom rendimento em campo e qualidade industrial situa-se entre 95 e 125, no entanto, alguns clientes exigem qualidade superior e há necessidade por parte de algumas indústrias de congelação, de colheitas entre 85 a 95 de tenderometria.

4 – Apresentação de resultados e sua discussão

4.1 – Cálculo do integral térmico observado

O cálculo do integral térmico foi realizado em formato de excel considerando o ciclo das respectivas variedades (Boogie e Naches) expresso em unidades de calor que é calculado através das temperaturas médias diárias subtraindo o temperatura base que resulta na unidade de calor diária e consequentemente o seu somatório desde a data da sementeira até à data de colheita. O planeamento das sementeiras é inicialmente colocado inversamente, ou seja, coloca-se a data de colheita prevista e é calculada automaticamente a data de sementeira aconselhada.

4.2 – Efeito do integral térmico na produtividade média das variedades

No gráfico da Figura 13 pode-se verificar que apesar de haver diferenças nas produtividades médias destas duas variedades, estas não são significativas (Quadro 3).

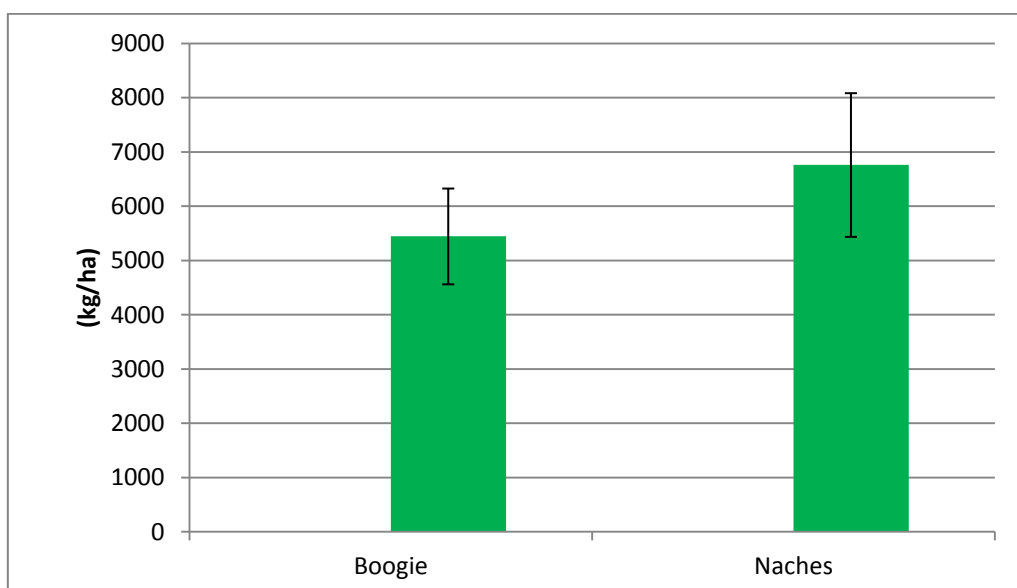


Figura 13 – Produtividade média das vinte parcelas de cultivo, para as variedades Boogie e Naches, repectivamente. (As barras verticais representam os intervalos de confiança para 95% de confiança)

Dado que o valor do teste t é superior a 0,05, não se pode eliminar a hipótese nula, isto é, não se observam diferenças significativas entre as produtividades das duas variedades.

Quadro 3 – Valor do teste t de student para um valor de alfa de 0,05, entre as produtividades médias dos 20 campos da variedade Boogie e Naches.

	<i>Boogie</i>	<i>Naches</i>
Média	5443,9	6759,6
Variância	4055399,581	9122116,174
Observações	20	20
Hipótese de diferença de média	0	
gl	33	
Stat t	-1,620918983	
P(T<=t) bi-caudal	0,114552725	
t crítico bi-caudal	2,034515287	

Porém, em termos agronómicos, podemos salientar que a variedade Naches foi mais produtiva em cerca de 1 316 kg/ha do que a variedade Naches.

4.3 – Validação do modelo de integral térmico

4.3.1 – No conjunto das variedades

Tendo em conta as duas variedades em estudo, procedeu-se à análise de regressão linear entre as datas de colheita observadas e as datas estimadas pelo modelo. Pela observação do gráfico da Figura 12 podemos concluir que não há um desvio significativo entre as datas de colheita estimadas para as datas de colheita reais, registando-se um valor do coeficiente de determinação de (R^2) de 0,86.

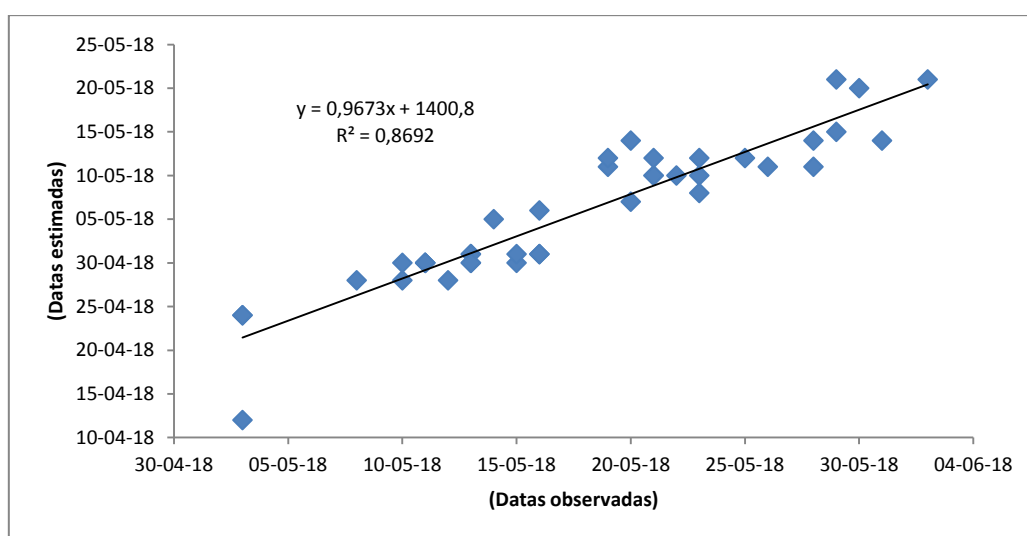


Figura 14 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas pelo modelo do integral térmico, para as variedades Boogie e Naches.

4.3 2 – Por variedade

Procedeu-se ainda à regressão entre os valores observados e estimados pelo modelo, para cada uma das variedades separadamente. Pela observação dos gráficos 13 e 14 podemos verificar que, apesar das regressões serem mais fracas, devido ao menor número de observações, o coeficiente de determinação R^2 da variedade Boogie é superior ao R^2 da variedade Naches pelo que podemos deduzir que o modelo estima melhor a data de colheita na Boogie, em relação à Naches.

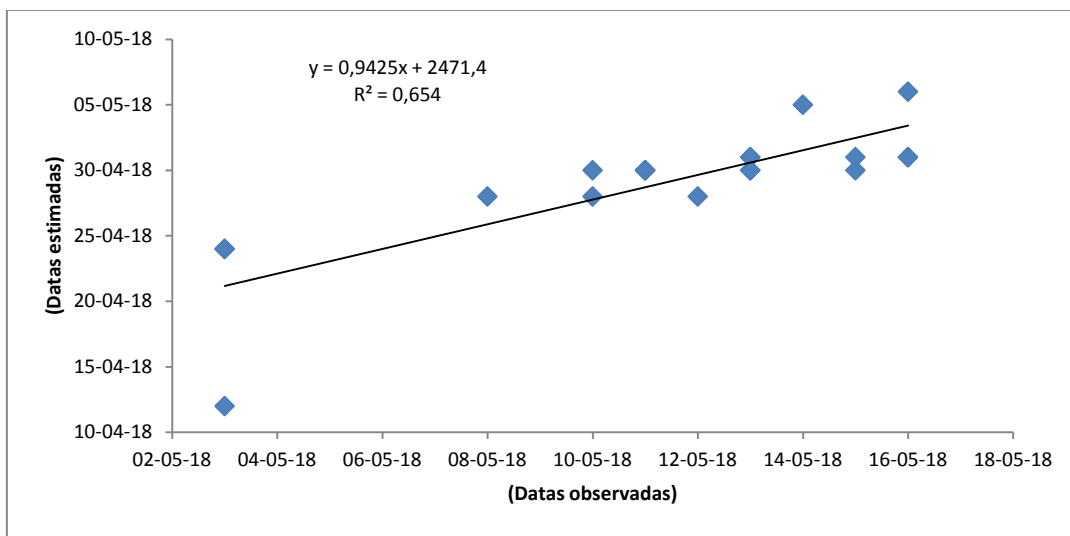


Figura 15 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Boogie.

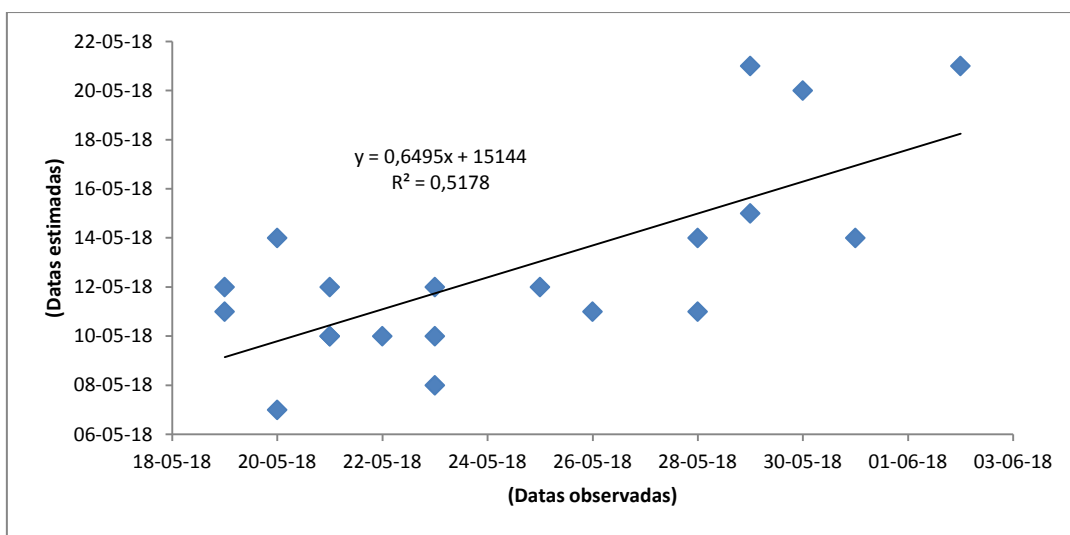


Figura 16 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Naches.

4.3.2 – Validação do modelo com alteração da temperatura base

Na tentativa de melhorar o desempenho do modelo, procedeu-se à alteração dos valores da temperatura base de 4,5 °C para os valores de 1 °C e 2 °C. Esta reparametrização foi realizada para o cálculo das UCs médias dos três anos, isto é, de 2014/2015 a 2016/2017.

No caso da variedade Boogie para Tb de 1 °C, os valores estimados ficaram mais próximos dos valores reais de colheita, por isto pode-se verificar que a temperatura base de 4,5 °C poderá não ser o valor mais correto para esta variedade nas nossas condições edafoclimáticas da região.

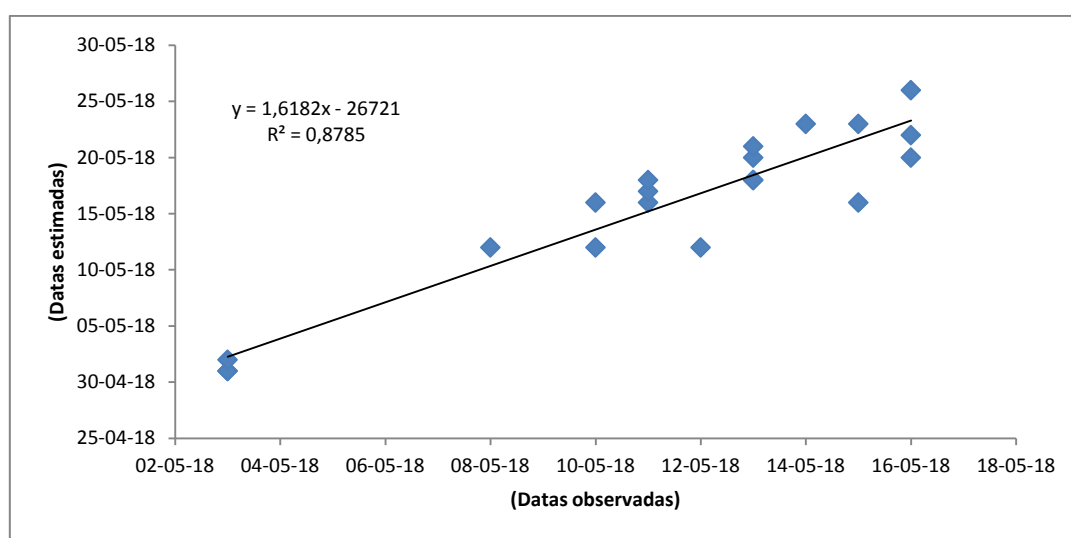


Figura 17 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Boogie tendo em conta 1° C como temperatura base.

No caso da variedade Naches, como podemos observar no gráfico da Figura 16, a alteração da temperatura base veio a aumentar o afastamento dos valores estimados à medida que se avança no tempo, isto é, tendencialmente prolongou os valores estimados para mais de 20 dias relativamente aos valores reais.

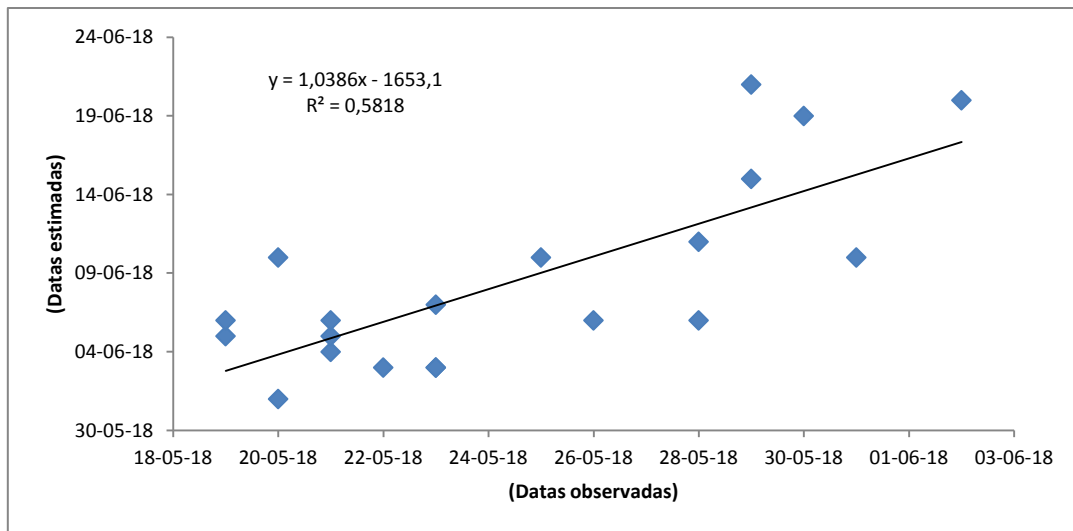


Figura 18 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Naches tendo em conta 1 °C como temperatura base.

Com o aumento do valor da T_b para 2 °C, a relação entre os valores estimados e os reais tendem em afastar-se no caso da variedade Boogie (Figura 19).

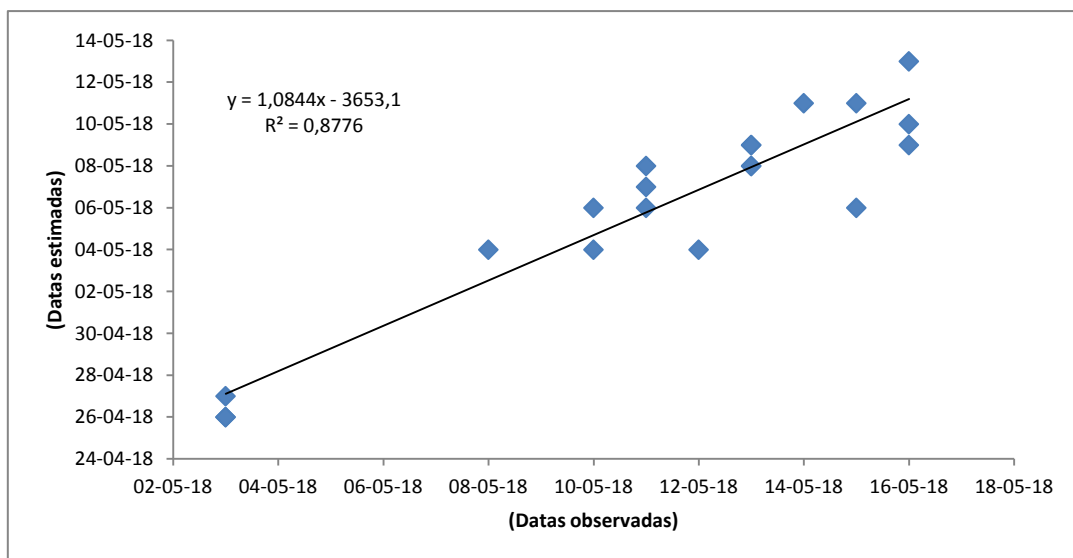


Figura 19 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Boogie tendo em conta a T_b de 2 °C.

Na variedade Naches, para 2 °C de temperatura base, a relação entre os valores estimados e os reais tendem em aproximar-se.

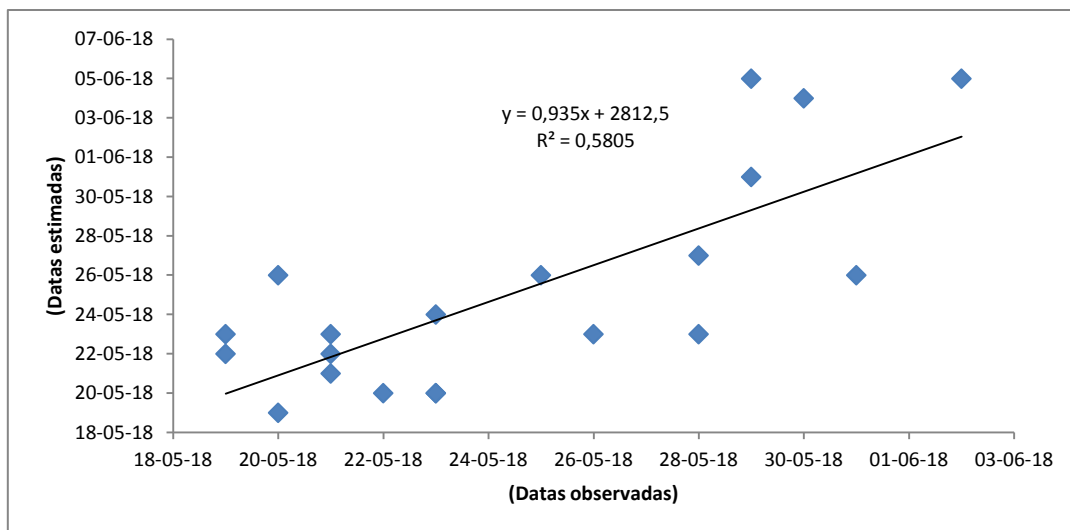


Figura 20 – Regressão linear entre datas de colheitas reais e datas de colheitas estimadas na variedade Naches tendo em conta 2 °C como Tb.

Tal como já constatamos através das Figuras anteriores, podemos ainda referir que para a variedade mais precoce, Boogie, a temperatura base mais baixa favorece a proximidade com as datas de colheita estimadas e reais sendo a média do diferencial estimado para o real de 4,4 dias, já na variedade mais tardia, Naches, verificou-se o inverso, já que, para 2 °C de temperatura base a media do diferencial estimados para o real foi de apenas 0,6 dias.

Quadro 4 – Diferencial estimado vs real para temperaturas base de 1 °C e 2 °C.

Variedade	Temperatura base (°C)	Calculo	Data de sementeira	Colheita Estimada	Diferencial estimado para o real (nº de dias)
Boogie	1	Média	09-01-18	15-05-18	4,4
		DP	9,4	7,2	3,6
		IC	4,1	3,2	1,6
Naches	1	Média	05-02-18	08-06-18	26,8
		DP	8,5	6,0	2,3
		IC	3,7	2,6	1,0
Boogie	2	Média	09-01-18	06-05-18	-5,2
		DP	9,4	4,9	1,7
		IC	4,1	2,1	0,8
Naches	2	Média	05-02-18	25-05-18	0,6
		DP	8,5	5,4	3,5
		IC	3,7	2,4	1,5

4.4 - Efeito do integral térmico no grau tenderométrico

Quanto às tenderometrias registaram diferenças significativas apesar de, em média, a variedade Naches ter apresentado valores de grau tenderométrico inferiores, logo, melhor qualidade do bago para congelação (Figura 21).

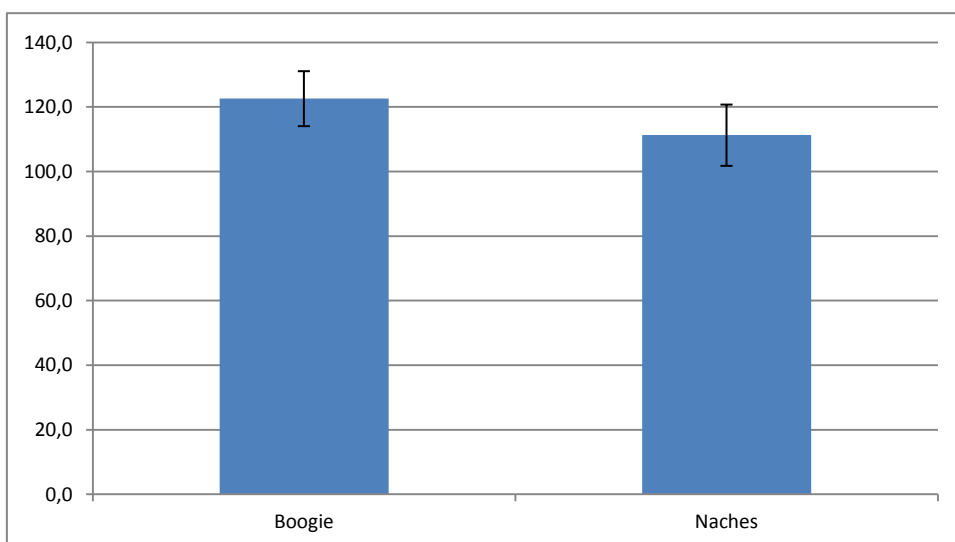


Figura 21 – Valor médio dos campos em relação ao grau tenderométrico das variedades Boogie e Naches. (As barras verticais representam os intervalos de confiança para 95% de confiança).

Procedeu-se à análise de comparação de médias pelo teste t de student (Quadro 4) para avaliar se as médias entre as variedades seriam ou não estatisticamente significativas. Como o valor de P é superior a 0,05, não é possível rejeitar a hipótese nula, isto é, o grau tenderométrico entre as duas variedades não difere estatisticamente.

Quadro 5 – Valor do teste t de student, entre o valor do grau tenderométrico dos 20 campos da variedade Boogie e Naches.

	<i>Boogie</i>	<i>Naches</i>
Média	122,5	111,2
Variância	377,6	469,1
Observações	20	20
Hipótese de diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	1,7397	
P(T<=t) bi-caudal	0,0899	
t crítico bi-caudal	2,0243	

5 – Conclusões

O modelo do integral térmico utilizado com a temperatura base de 4,5 °C e tendo em contas as temperaturas médias dos anos 2014, 2015 e 2016 mostrou-se bastante válido para a execução do planeamento das sementeiras e colheitas para as variedades de ervilha verde Boogie e Naches.

No entanto, quando se alterou a temperatura base para 1 °C na variedade Boogie, a mais precoce, obteve-se uma maior aproximação entre as datas de colheita estimadas e as datas reais; já no caso da Naches o valor de T_b de 2 °C como temperatura base veio melhorar os valores estimados quando comparados com os valores reais, sendo que esta com os resultados desta alteração de valor da temperatura base veio contrariar a teoria do investigador Holmes (1959) que considerava 5, 5 °C o ideal para a temperatura base da ervilha.

A variedade Naches foi a mais produtiva e a que em média foi colhida com valores de tenderómetros mais baixos, sendo um bom indicador de qualidade comercial.

6 – Bibliografia

6.1 – Referências Bibliográficas

Alcade, J.A., Larraín, M.F. (2006). *Timing of photoperiod sensitivity in relation to floral initiation in contrasting genotypes of pea (Pisum sativum L.)*. Field Crops Research, 96. p: 384-354.

Holmes. R. A.. and G. w. Robertson. (1959). *Effect of low temperatures on the germination of different field peas genotypes heat units and crop growth*. Canada Dept. AEr. Publ.

Olivier, F.C., Annandale, J.G. (1997). *Thermal time requirements for the development of green pea (Pisum sativum L.)*. Field Crops Research, 56. p: 301-3017. Department of Plant Production and Soil Science, University of Pretoria, Pretoria, 0002, South Africa.

Poggio, S.L. Satorre, E.H., Dethiou, S., Gonzalo, G.M. (2005). *Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the seed set period of field pea (Pisum sativum) crops*. Europ. J. Agronomy 22. p: 55 – 69.

6.2 - Webgrafia

- https://www.researchgate.net/publication/233636201_Effect_of_low_temperatures_on_the_germination_of_different_field_pea_genotypes
- <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- <http://www.cvrtejo.pt/vinhos-do-tejo/solos/solos:409>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094715300116>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380012005145>
- <http://www.vanwaveren.de>
- <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjps62-003>
- www.peas.org/facts