

Avaliação do aproveitamento da palha do milho (*Zea mays* L.) para bioenergia, nos sistemas de produção do Vale do Tejo.

Dissertação realizada com vista à obtenção do grau de Mestre em Agricultura Sustentável

Ana Cláudia Monteiro de Vila Lobos Risques

Orientador:

Doutor Artur José Guerra Amaral

*“Quando Henry Ford projetou o seu automóvel Modelo T, previu etanol à base de fontes renováveis, como principal combustível utilizado.”
(SIMS, R.E.H., 2002).*

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os que me acompanharam ao longo deste trabalho, e que me ajudaram a concretizá-lo, em particular;

Ao Professor Doutor Artur José Guerra Amaral, por ter aceitado orientar este trabalho e pelo apoio, motivação e disponibilidade que me prestou;

Ao Eng.º João Amaral Netto, pelo seu incentivo e entusiasmo pelo tema da tese e Eng.º Vasco Reis e Eng^a Ana Banito, técnicos responsáveis pela Organização de Produtores onde foi realizada a parte prática do trabalho, pelas suas várias colaborações, disponibilização de informação e apoio no campo, sem as quais não seria possível a sua realização;

Aos meus amigos e colegas que foram muito importantes neste período;

E principalmente, a toda a minha família por me terem apoiado e por tudo o que me proporcionaram para o normal decorrer deste trabalho.

A todos, o meu muito obrigado.

Lista de abreviaturas

a – ano

°C – graus centígrados

Ca – Cálcio

g – grama

GEE – Gases de efeito de estufa

GJ – Gigajoule

ha – hectare

hm³ – hectómetro cúbico

K – Potássio

kg – quilograma

kt – mil tonelada

L – litro

LVT – Lisboa e Vale do Tejo

m – metro

m² – metro quadrado

m³ – metro cúbico

mm – milímetro

Mg – Magnésio

MO – Matéria Orgânica

MS – Matéria Seca

Mt – Megatonelada

N – Azoto

P – Fósforo

plt – planta

PS – peso seco

PV – peso verde

S – Enxofre

t – tonelada

UE – União Europeia

Resumo

A Diretiva 2009/28/CE veio incentivar a procura significativa de biocombustíveis na UE. Ao longo dos últimos anos, a preocupação sobre a mudança indireta do uso da terra, em simultâneo com as preocupações ambientais, no que diz respeito aos impactos e emissões de gases de efeito de estufa (GEE), gerou o debate do tema da utilização dos biocombustíveis. No seguimento dessas preocupações, a atenção virou-se para uma utilização dos resíduos agrícolas, como fonte de biomassa para a produção de bioenergia, como meio de atenuar impactos sobre a terra e outros recursos naturais, assim como a diminuição considerável da produção de GEE em comparação com os combustíveis fósseis para transportes.

Neste trabalho, pretendeu-se avaliar o potencial de produção da palha de milho para bioenergia nas zonas ecológicas, do Campo e Charneca, na região de Lisboa e Vale do Tejo. Foram considerados 3 itinerários para o aproveitamento das várias componentes da palha: aproveitamento total da palha; aproveitamento dos resíduos da debulha da maçaroca (camisas e carolo); aproveitamento apenas do carolo da espiga de milho. Foram amostradas aleatoriamente plantas em 6 campos e quantificada a população potencial, em explorações representativas do sistema de produção. Determinou-se a matéria seca total por planta e dos seus componentes (folhas, caules, grão, camisas e carolo) bem como o teor de nutrientes em cada um dos componentes.

A produção de palha de milho por unidade de superfície estimada, nos sistemas de produção da região, foi de 12,4 t MS ha⁻¹; para uma superfície média de 20 000 ha o potencial de produção será de 248 000 t de matéria seca de palha, o que significa um potencial de 4 092 000 GJ, por ano. Em média, a matéria seca da palha representa 45% do total da matéria seca da planta; representando as folhas 9,1%; os caules 22,4%; as camisas 6%; o carolo 7,7%. Dos itinerários tecnológicos de recolha e transporte da palha de milho considerados, a recolha total de palha apresenta custos avultados, em termos de exportação de nutrientes e de matéria orgânica. O aproveitamento do carolo representa o itinerário com menor impacto nos valores de exportação dos principais nutrientes.

Palavras-chave: *Zea mays* L., palha de milho, matéria seca, bioenergia, biocombustíveis.

Abstract

The directive 2009/28/EC, has encouraged the significant demand for biofuels in the EU. Over the past few years, the concern about the indirect land use change, together with environmental concerns with regard to the impacts and greenhouse gases (GHG) emissions, generated the discussion of the topic use of biofuels. Following these concerns, attention turned to a use of agricultural residues as a source of biomass for bioenergy production as a means to mitigate impacts on land and other natural resources, as well as the considerable decrease in production of GHG emissions compared to fossil fuels for transport.

In this work, we considered the potential of corn stover production for bioenergy in ecological zones, “Campo” and “Charneca” in the region of Lisbon and Tagus Valley. To take advantage of the various components of straw were considered three routes: a total utilization of straw; a waste recovery threshing cob (husks and cob); only the use of the cob corn on the cob. There was randomly sampling plants in 6 fields and was quantified the potential population in representative agricultural holdings of the production system. It was determined the total dry matter per plant and its components (leaves, stalks, grain, husks and cobs), as well as the nutrient content in each component.

We estimated the production potential of biomass (corn stover) per unit area, in the cropping systems, representative of the region at about 12,4 t DM ha⁻¹. To an average surface of 20 000 ha the potential availability of 248 000 t DM of straw, means a potential of 4 092 000 GJ for year in the region. On average dry matter of straw is 45% of the total plant dry matter; leaves representing 9,1%; the stalks 22,4%; the husks 6%; the cob 7,7%. Technological routes of collection and transport of corn stover considered, the total collection of straw has high costs in terms of export of nutrients and organic matter. The outcomes allow us to assess that the reap of cob, represent the route with less impact on export values of the major soil nutrients.

Key Words: *Zea mays* L., corn stover, dry matter, bioenergy, biofuels.

Índice Geral	Pág.
REFLEXÃO.....	I
AGRADECIMENTOS.....	II
LISTA ABREVIATURAS.....	III
RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE GERAL.....	VI
ÍNDICE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE QUADROS.....	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. O MERCADO DOS BIOCOMBUSTIVÉIS	6
2.1.1. No Mundo	6
2.1.2. Na EU e Medidas de Política	8
2.1.3. Em Portugal	12
2.2. MILHO PARA BIOENERGIA.....	15
2.2.1. Caracterização botânica e fisiológica do milho.....	15
2.2.2. Superfícies e produção de milho em Portugal, Lisboa e Vale do Tejo	16
2.2.3. Aproveitamento da palha de milho	20
2.2.4. Valor energético da palha de milho	25
2.2.5. Impactos ambientais da retirada da palha de milho	26
2.2.6. Tecnologia para o aproveitamento da palha de milho	33
2.2.6.1. Aproveitamento total da palha da cultura do milho.....	34
2.2.6.2. Aproveitamento do carolo e camisas de milho.....	37
2.2.6.3. Aproveitamento do carolo.....	39
2.2.7. Análise económica da utilização da palha de milho para produção de biocombustíveis	41
3. MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1. LOCALIZAÇÃO.....	44
3.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	45
3.3. CARACTERIZAÇÃO EDÁFICA.....	47

3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS CAMPOS DE PRODUÇÃO	49
3.5. AMOSTRAGEM DE PLANTAS.....	49
3.6. OBSERVAÇÕES E REGISTOS LABORATORIAIS.....	51
3.7. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE TECIDOS.....	53
4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1. MATÉRIA SECA TOTAL DA PLANTA	54
4.2. REPARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA TOTAL PELOS DIFERENTES COMPONENTES DA PLANTA.....	56
4.3. PESO DE MIL GRÃOS	60
4.4. AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO PRODUTIVA.....	61
4.5. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA (MS) E REPARTIÇÃO PELOS DIFERENTES COMPONENTES DA PLANTA POR HECTARE.....	63
4.6. ÍNDICE DE COLHEITA	64
4.7. AVALIAÇÃO DO TEOR DE NUTRIENTES DOS COMPONENTES DA PLANTA.....	65
4.8. AVALIAÇÃO DA TAXA DE EXPORTAÇÃO E RESTITUIÇÃO DOS PRINCIPAIS NUTRIENTES EM FUNÇÃO DOS ITINERÁRIOS.....	67
4.8.1. Avaliação das exportações vs. restituições para um aproveitamento total da palha de milho.....	69
4.8.2. Avaliação das exportações vs. restituições para aproveitamento do carolo e camisas do milho, resíduos de debulha da maçaroca.....	70
4.8.3. Avaliação das exportações vs. restituições para aproveitamento do carolo.....	72
5. CONCLUSÕES.....	74
6. BIBLIOGRAFIA	77
ANEXOS	

Figura 1 – Evolução da produção mundial de biocombustíveis a nível mundial.....	7
Figura 2 – Repartição percentual da produção de biodiesel e bioetanol a nível mundial.....	8
Figura 3 – Origem do total de biocombustíveis consumidos na UE.....	10
Figura 4 – Origem do bioetanol consumido na UE em 2010.....	10
Figura 5 – Evolução da área de milho grão no contexto nacional entre 2004 e 2013.....	17
Figura 6 – Evolução da área de milho grão no contexto regional LVT entre 2004 e 2013.....	18
Figura 7 – Evolução do volume de produção organizada de milho grão (t), relativamente a outras culturas arvenses praticadas no contexto regional LVT, entre 2010 e 2012.....	19
Figura 8 – Destroçamento das palhas de milho com um destroçador visando o seu aproveitamento.....	35
Figura 9 – Esquema do itinerário tecnológico para o aproveitamento total da palha de milho.....	35
Figura 10 – Utilização de enfardadeira de fardos paralelepípedicos para enfardação da palha.....	36
Figura 11 – Esquema do itinerário tecnológico para o aproveitamento do carolo e camisas (resíduos da debulha da maçaroca)	37
Figura 12 – Aproveitamento do carolo e camisas da maçaroca do milho.....	38
Figura 13 – Equipamento de recolha e acondicionamento de resíduos após operação de debulha.....	38
Figura 14 – Equipamentos para recolha de carolo da ceifeira-debulhadora.....	39
Figura 15 – Equipamento para recolha de resíduos, tais como o carolo.....	40
Figura 16 – Esquema do itinerário tecnológico para aproveitamento do carolo.....	40
Figura 17 - Área de intervenção do estudo, considerando a unidade de receção na Chamusca.....	44
Figura 18 – Comparação entre o ano 2012 e média de 30 anos (1981-2010) para os dados climáticos médios de temperatura média, máxima e mínima.....	46
Figura 19 – Comparação entre o ano 2012 e média de 30 anos (1981-2010) para a precipitação média acumulada (IPMA, 2014).....	47
Figura 20 – Representação da metodologia da recolha de amostras/Local.....	50
Figura 21 – Representação da nomenclatura das amostras e sub-amostras.....	51
Figura 22 – Pesagem maçaroca (PV).....	52
Figura 23 – Grão e carolo para estufa	52
Figura 24 – Separação de 25 grãos.....	52
Figura 25 – Componentes das plantas em estufa a 65-75° C.....	52
Figura 26 – Separação componentes das plantas.....	52
Figura 27 – Componentes separadas das plantas secas, para determinação do peso seco.....	52
Figura 28 – Análise da matéria seca total média de cada planta e média da matéria seca total das plantas.....	54
Figura 29 – Repartição da MS (%) pelos vários componentes desagregados da planta.....	56
Figura 30 – Repartição da MS (%) pelos componentes agregados da planta.....	58
Figura 31 – Repartição da MS (%) pelos componentes da maçaroca.....	59
Figura 32 – Repartição percentual da matéria seca total da palha vs. matéria seca total do grão.....	60
Figura 33 – Peso de mil grãos (PMG) médio avaliado por planta e média dos 6 locais.....	61
Figura 34 – População produtiva média por planta.....	62

Figura 35 – Avaliação das exportações – restituições dos principais macronutrientes no itinerário de aproveitamento total da palha de milho.....	69
Figura 36 – Avaliação das exportações – restituições dos principais macronutrientes no itinerário de aproveitamento de camisas e carolo de milho.....	71
Figura 37 – Avaliação das exportações – restituições dos principais macronutrientes no itinerário de aproveitamento do carolo de milho.....	72

Índice de Quadros

Pág.

Quadro 1 – Produção média (desvio padrão) de MS do milho e alcalinidade orgânica.....	24
Quadro 2 – Produção média (desvio padrão) de MS do milho, composição de nutrientes e alcalinidade orgânica.....	32
Quadro 3 – Custos estimados de palha de milho entregue numa refinaria.....	42
Quadro 4 – Classificação de solos dos locais de recolha de amostras.....	48
Quadro 5 – Análises físico-químicas de solo de cada local.....	48
Quadro 6 – Caracterização dos locais de recolha de amostras: localização; variedade; ciclo; sistema de rega e produtividade (t/ha)	49
Quadro 7 – Tabela ANOVA da matéria seca total da planta, considerando os 6 campos como tratamentos.....	55
Quadro 8 – Repartição da matéria seca média pelos componentes das plantas.....	57
Quadro 9 – Peso de mil grãos (PMG).....	60
Quadro 10 – População produtiva avaliada por local.....	62
Quadro 11 – Estimativa da matéria seca dos componentes da planta (folhas, caule, maçaroca, espiga, camisas, carolo, grão) e do total da planta e da palha por hectare	63
Quadro 12 – Avaliação do Índice de Colheita.....	64
Quadro 13 – Teor de nutrientes na matéria seca dos diferentes componentes da planta do milho.....	65
Quadro 14 – Exportações dos principais macronutrientes nos componentes da planta.....	67

1. INTRODUÇÃO

Na conjuntura atual e no âmbito da política agrícola nacional, estão previstos objetivos no que diz respeito à mitigação das alterações climáticas, diminuição da dependência energética e desenvolvimento agrícola, contribuindo para a fixação das populações no meio rural. A Diretiva 2009/28/CE prevê que, até 2020, todos os estados membros desenvolvam ações de forma a assegurar uma quota de 20% de energia renovável, do consumo final bruto de energia, e que 10% de energia no sector de transportes seja da mesma origem, em substituição de combustíveis fósseis. Deste modo, Portugal encontra-se obrigado a desenvolver ações para o cumprimento destas metas vinculativas no domínio energético.

A bioenergia deve desempenhar um papel essencial como alternativa viável para a substituição do petróleo como combustível e, por outro lado, como meio de redução das emissões de CO₂ a longo prazo (YUAN *et al.*, 2008).

Os biocombustíveis atuais para o sector dos transportes podem ser divididos em três categorias: biocombustíveis obtidos através da transformação bioquímica de biomassa (etanol e metanol, por exemplo), biocombustíveis com base em óleos vegetais que são utilizados diretamente ou após processamento tecnológico (biodiesel) e biocombustíveis resultantes da pirólise ou gaseificação térmica de biomassa (REIJNDERS & HUIJBREGTS, 2009).

Os biocombustíveis (combustíveis produzidos com base em matéria orgânica) constituem atualmente uma alternativa renovável e amplamente disponível aos combustíveis fósseis para os transportes, representando, ainda, um papel

importante na reciclagem de resíduos, na diversificação das fontes de energia para o aprovisionamento de países não produtores de petróleo, na redução das emissões de CO₂ e outros tipos de poluição, criando emprego, especialmente nas áreas da agricultura e floresta (ZABANIOTOU *et al.*, 2007; COMISSÃO EUROPEIA, 2011). A sua utilização pode constituir uma boa forma de promover uma utilização mais sustentável da energia e redução da emissão de gases com efeito de estufa (GEE), podendo ajudar a UE e cada Estado Membro a cumprir as suas obrigações na redução das emissões de GEE (COMISSÃO EUROPEIA, 2011).

A biomassa pode ser transformada em combustível ou numa outra fonte de produtos de maior valor para a indústria química, utilizando um método termoquímico, tal como a pirólise (ZABANIOTOU *et al.*, 2007).

Estão classificados os seguintes dez tipos de biocombustíveis: bioetanol (etanol produzido a partir de biomassa e ou de fração biodegradável de resíduos para utilização como biocombustível); biodiesel (éster metílico produzido a partir de óleos vegetais ou animais, com qualidade de combustível para motores a diesel, para utilização como biocombustível); biogás (gás combustível produzido a partir de biomassa e ou fração biodegradável de resíduos, que pode ser purificado até à qualidade do gás natural, para utilização como biocombustível, ou gás de madeira); biometanol (metanol produzido a partir de biomassa para utilização como biocombustível); bioéter dimetílico; bio-ETBE (bioéter etil-ter-butílico); bio-MTBE (bioéter metil-ter-butílico); biocombustíveis sintéticos (hidrocarbonetos sintéticos ou misturas de hidrocarbonetos sintéticos produzidos a partir de

biomassa); biohidrogénio (hidrogénio produzido a partir de biomassa e ou fração biodegradável de resíduos para utilização como biocombustível); óleo vegetal puro produzido a partir de plantas oleaginosas (óleo produzido por pressão, extração ou processos comparáveis, a partir de plantas oleaginosas, em bruto ou refinado, mas quimicamente inalterado, quando a sua utilização for compatível com o tipo de motores e os respetivos requisitos relativos a emissões) (<http://www.energiasrenováveis.com>, 2014).

Em termos de bioenergia, o etanol, o biodiesel e o biogás são os três principais produtos energéticos. O etanol e o biodiesel podem ser utilizados como combustíveis para transportes; o etanol é também um importante produto bruto na indústria química.

A produção de etanol tem uma particular importância nas economias em mudança da base petróleo para biomassa, como economias sustentáveis e amigas do ambiente (YUAN *et al.*, 2008). O etanol pode ser produzido a partir da utilização de produtos agrícolas, tais como amido e açúcar ou de biomassa lenhocelulósica (biomassa vegetal composta por polímeros de celulose, hemicelulose e lenhina, a qual pode ser por hidrolisada).

Existem várias opções de matérias-primas e culturas energéticas, para bioenergia, as quais podem ser classificadas em 4 grandes grupos: culturas tradicionais de cereais; culturas tradicionais produtoras de açúcar; matéria-prima de biomassa lenhocelulósica e oleaginosas para biodiesel.

Segundo SIMS (2002), vários estudos agrícolas no âmbito da biomassa,

concluíram ser aceitável a recolha e utilização dos resíduos agrícolas para produção de energia e, por conseguinte, proporcionarem grandes volumes de matéria-prima de biomassa a baixo custo. Anualmente, em todo o mundo, são produzidas grandes quantidades de resíduos agrícolas provenientes das culturas. Os resíduos de culturas podem ter uma grande contribuição na forma de biomassa para fornecimento de energia para as metas de energia renovável da UE, em 2020 (SCARLAT *et al.*, 2010).

Com este trabalho, pretende-se, avaliar o aproveitamento da palha de milho (*Zea mays* L.) para bioenergia, nos sistemas de produção do Vale do Tejo. O milho constitui a cultura arvense com maior expressão em Portugal e na região de Lisboa e Vale do Tejo, tendo-se vindo a observar um crescimento da sua área cultivada nos últimos anos, e, em consequência, um aumento da quantidade dos seus resíduos para a produção de bioenergia. Deste modo, realça-se a necessidade de implementação de estudos que permitam uma avaliação da utilização sustentável e viável deste recurso em formas alternativas de biomassa para energia.

De acordo com SCARLAT *et al.*, (2010), do ponto de vista agronómico e ambiental, a remoção da palha do milho para a produção de bioenergia deve considerar o uso de todos os recursos disponíveis de forma sustentável, sem causar impactos negativos. Deste modo, neste trabalho, serão avaliados alguns dos impactos da remoção da palha nos sistemas de produção de milho para grão, no Vale do Tejo.

De forma a se alcançarem os objetivos propostos, as principais linhas de trabalho contemplaram:

- Avaliação do potencial de produção de biomassa (palha de milho) na região;
- Caracterização dos itinerários tecnológicos de recolha e transporte da biomassa para centros de recolha;
- Estimativa dos impactos da recolha ao nível das restituições da matéria orgânica e nutrientes, no solo.

Este trabalho iniciou-se com a recolha das amostras de resíduos da cultura de milho em vários locais da região e, numa segunda fase, avaliou-se o potencial de produção de biomassa da palha recolhida da cultura. O trabalho de campo efetuou-se em parcelas agrícolas de milho, pertencentes a membros produtores de uma organização de produtores, incidindo em zonas representativas dos principais sistemas de cultivo nas duas subzonas agro-ecológicas do Ribatejo (Campo e Charneca).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O MERCADO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

2.1.1. No Mundo

Os Estados Unidos são os maiores produtores do mundo de bioetanol (Iowa é o estado líder, representando quase um terço da capacidade de produção de etanol dos EUA), produzindo em 2008, 52% da produção global e, em 2010, cerca de 96% da produção de etanol (TYNDALL *et al.*, 2010). É nas principais regiões produtoras de milho que esta indústria se encontra plenamente implementada (CARPITA & MCCANN, 2008). Foi exigido pelo EISA (“Energy Independence and Security Act”, 2007), que os produtores de combustíveis líquidos contivessem pelo menos 136,27 hm³ de biocombustível até 2022 (TYNDALL *et al.*, 2010). Ambiciosamente, o EISA estipulou que 60,56 hm³ do total de produção de bioetanol nos EUA devia ser etanol celulósico, obtido a partir de biomassa (matérias primas lenhocelulósicas). Foi também estipulado que os combustíveis à base de celulose deveriam contribuir em 60% para a redução de GEE (em comparação com uma base de combustíveis fósseis). Esta legislação otimista é em grande parte baseada na promessa teórica de opções de matérias-primas de biomassa disponíveis para o etanol celulósico estimadas no designado “Billion Ton Study”, no qual foi calculado um inventário anual nos EUA de cerca de 1,42 milhões de toneladas de MS de biomassa – 20% na forma de palha de milho disponível (por exemplo: caules, folhas, camisas e restante cobertura no solo após a colheita de grão).

Segundo YUAN *et al.* (2008), são produzidos 37,8 bilhões de litros de etanol a partir de amido (milho) e açúcar (cana de açúcar e beterraba) através de estabilizados procedimentos industrializados, incluindo a hidrólise de amido e a fermentação de açúcar. O etanol à base de amido e açúcar é usualmente referido como um biocombustível de 1ª geração.

Segundo SALLA *et al.* (2010), nos últimos anos, o mercado mundial do milho tem vindo a reestruturar-se tendo em vista o crescimento da procura de combustíveis renováveis. Este cereal tornou-se uma das principais fontes para a produção de etanol. O Brasil e os Estados Unidos são líderes mundiais na produção de etanol (SIMS, 2002; SALLA *et al.*, 2010), sendo a produção mundial de etanol em 2006 de 51,1 milhões de litros. Neste valor, estão incluídos 36,3% a partir de milho produzidos pelos Estados Unidos.

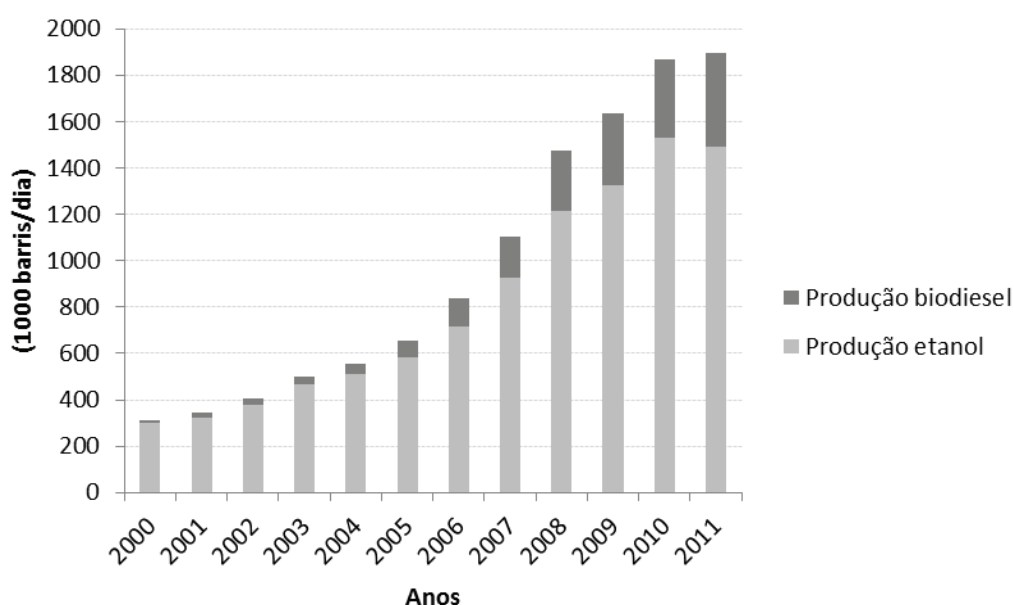


Figura 1 - Evolução da produção de biocombustíveis a nível mundial (Fonte: IEA, 2012).

Na Figura 1, apresenta-se a evolução da produção de biocombustíveis a nível

mundial entre 2000 e 2011. Observa-se, uma evolução crescente quer na produção de biodiesel quer na produção de etanol, no entanto entre 2010 e 2011, verifica-se uma ligeira descida da produção de etanol.

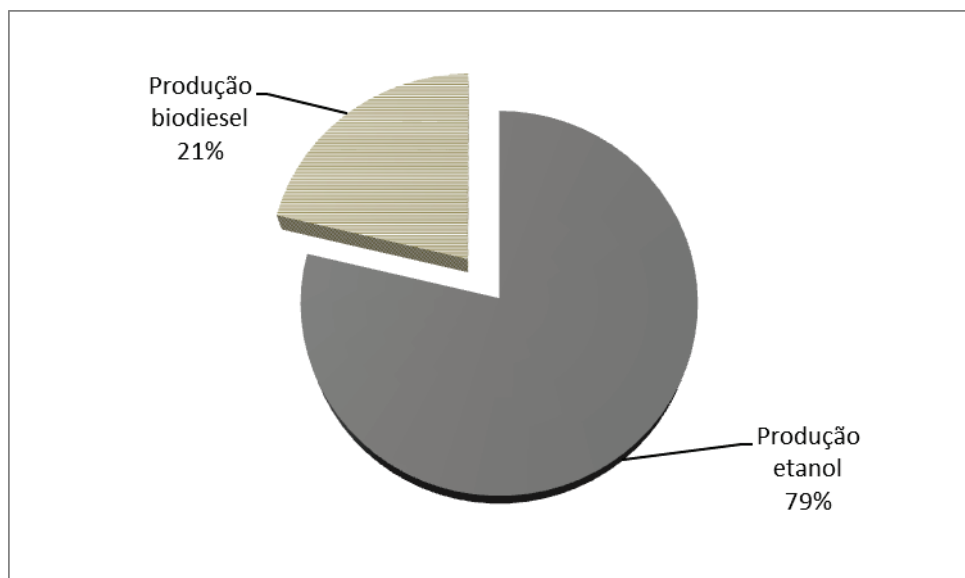


Figura 2 - Repartição percentual da produção de biodiesel e bioetanol a nível mundial (Fonte: International Energy Agency (IEA), 2011).

Na Figura 2 apresenta-se a repartição percentual da produção de biodiesel e bioetanol a nível mundial: em 2011, a produção de biodiesel e etanol, foi de 21% e 79%, respetivamente. Embora, se verifique um decréscimo na produção de etanol em 2011, este biocombustível é o mais produzido a nível mundial.

2.1.2. Na UE e Medidas de Política

Os principais pilares da política energética europeia são baseados na segurança de abastecimento; na elevada preocupação política sobre as fontes de abastecimento de petróleo e gás, bem como, no aumento de preços de produtos

energéticos; nas alterações climáticas; na competitividade; na necessidade de criação de tecnologias inovadoras de forma a colocar a UE na liderança tecnológica ao nível mundial. Todos estes aspetos levaram à criação de um quadro legislativo que foi expresso na Diretiva da Promoção das Energias Renováveis (RED) e na Diretiva da Qualidade dos Combustíveis (FQD). A primeira diretiva define uma meta obrigatória e transversal para todos os EM de incorporarem 10% de energia renovável nos transportes até 2020. Esta incorporação deverá ser realizada maioritariamente com biocombustíveis cumprindo critérios de sustentabilidade, criando-se um mecanismo para a sua certificação. A segunda diretiva define o aumento de incorporação de biodiesel (7%) no gasóleo e de bioetanol na gasolina (10%), e linhas de orientação aos refinadores no sentido de uma redução de 10% das emissões de GEE no processo industrial de refinação dos combustíveis (não obrigatório).

Os biocombustíveis terão um papel determinante no cumprimento das metas estabelecidas na UE, garantindo a sustentabilidade a médio-longo prazo.

Em 2010, o biodiesel representou na UE a principal forma de biocombustível com um nível de consumo de 8 Mt. A capacidade industrial instalada de produção de biocombustíveis está acima da procura. Na UE, perspetiva-se um nível de consumo de cerca de 21 Mt em 2020 (BIANCHI-DE-AGUIAR & PEREIRA, 2010). Apesar desta tendência, a UE continuará a ser deficitária em matéria-prima (óleo vegetal). A América Latina e Ásia desempenharão um papel importante no balanço global de oferta/procura (Figuras 3 e 4).

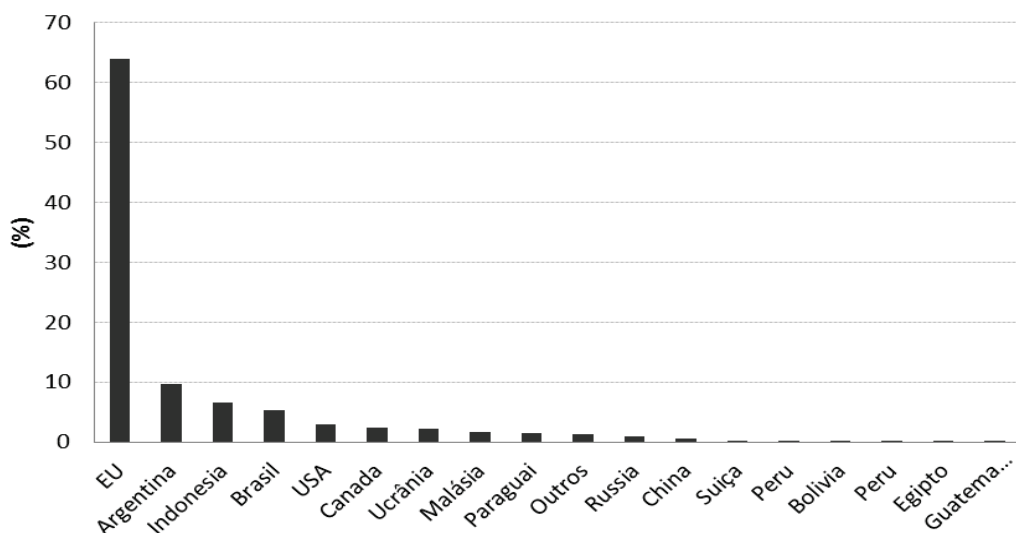
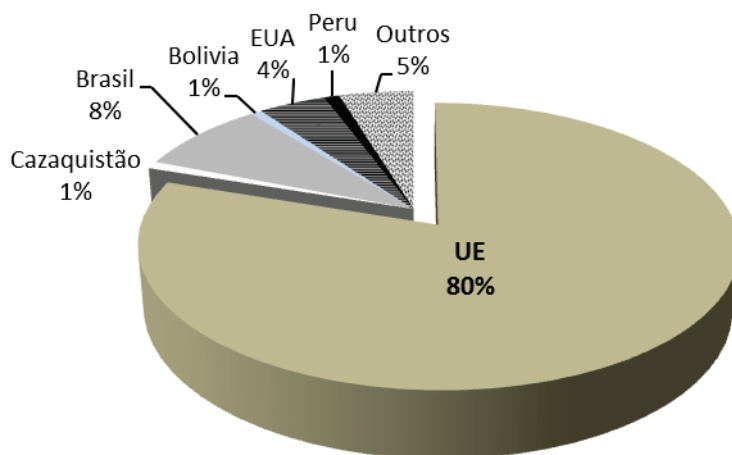


Figura 3 - Origem do total de biocombustíveis consumidos na UE (Eurostat, 2010).



Fonte: CE, 2013

Figura 4 - Origem do bioetanol consumido na UE (Fonte: CE, 2013).

No âmbito do domínio energético, as previstas metas vinculativas dos estados membros até 2020, com a incorporação de 20% de energias renováveis no consumo total de energia, nas quais devem estar incluídos 10% de biocombustíveis nos transportes (atualmente 5,75%) vão implicar a definição de

políticas de apoio ao sector que visam, sobretudo, a redução da dependência energética no espaço comunitário.

No âmbito da PAC vigorou, entre 2005 e 2008, um regime de apoio às culturas energéticas numa superfície mínima garantida (SMG) de 2 000 000 ha. No entanto, em 2009, embora a ajuda se mantivesse, as suas condições foram alteradas tendo como consequência uma praticamente nula adesão por parte dos agricultores. Esta ajuda específica às culturas energéticas não foi considerada como um incentivo suficiente à produção nacional, tendo encargos administrativos consideráveis e terminou em 2009.

No âmbito do PRODER (2007-2013) vigorou a medida 4.1 – Cooperação para a Inovação, promovendo a cooperação para elaboração de novos produtos, processos e tecnologias através do estabelecimento de parcerias, com base em planos de atuação que envolvam os produtores, empresas, entidades de I&D, centros tecnológicos (GPP/MADRP, 2007). Esta medida mantém-se no novo Programa de Desenvolvimento Rural do Continente para 2014-2020 (GPP/MAM, 2013).

No que diz respeito a políticas de promoção do uso de biocombustíveis, a União Europeia propõe duas: a isenção fiscal dos biocombustíveis (encarada de forma polémica porque os biocombustíveis de origem europeia não são competitivos com os importados, caso haja uma isenção total de impostos) e a obrigatoriedade das empresas de combustíveis convencionais terem de incorporar um teor de biocombustíveis nos seus combustíveis. Esta medida será possível mediante

alteração da Diretiva sobre a Qualidade dos Combustíveis (<http://www.energiasrenovaveis.com>, 2014).

2.1.3. Em Portugal

A Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de abril, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis, que revogou as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE veio implicar o surgimento de um conjunto de legislação a nível nacional, da qual se destaca, entre outras, as seguintes: o *Decreto-Lei nº 117/2010*, de 25 de outubro, veio estabelecer, entre outros, os critérios de sustentabilidade para a produção e utilização de biocombustíveis e de biolíquidos, independentemente da sua origem e define os limites de incorporação obrigatória de biocombustíveis para os anos de 2011 a 2020; a *Portaria nº 301/2011* de 2 de dezembro, veio fixar o valor de compensação por cada título de biocombustíveis (TdB) em falta, prevista no Decreto-Lei nº 117/2010; o *Decreto-lei nº 6/2012*, de 17 de janeiro, procede à primeira alteração do Decreto-lei anterior, o qual transpõe parcialmente para ordem jurídica interna a Diretiva nº 2009/28/CE e a Diretiva nº 2009/30/CE, e veio estabelecer os critérios de sustentabilidade de produção e utilização de biocombustíveis e de biolíquidos, os mecanismos de promoção de biocombustíveis nos transportes terrestres, e define os limites de incorporação obrigatória de biocombustíveis para os anos de 2011 a 2020, procedendo, igualmente, à suspensão temporária da vigência do nº 1 do artigo 15.º do mesmo diploma (Suspensão até 1 de Janeiro de 2013, a obrigação de cumprimento dos

critérios de sustentabilidade fixados nos artigos 4.º, 6.º, 7.º e 8.º); o *Decreto-lei n.º 224/2012* de 16 de outubro veio proceder à prorrogação do período de suspensão da vigência do n.º 1 do artigo 15.º do Decreto-lei n.º 117/2010, relativamente ao cumprimento dos critérios de sustentabilidade de produção e utilização de biocombustíveis e biolíquidos (o período de suspensão é prorrogado até 1 de Julho de 2014).

O mercado nacional, à semelhança do Europeu, é caracterizado por um elevado número ainda de veículos a gasóleo (29% do consumo é em gasolina e 62% de gasóleo), ficando assim limitado o uso de bioetanol e uma procura maior de biodiesel. Para esta produção são utilizadas essencialmente óleos obtidos a partir de culturas oleaginosas (colza, girassol, soja, palma, entre outras) e posterior esterificação (<http://www.energiasrenovaveis.com>, 2014).

O mercado português dos biocombustíveis é liderado atualmente pelo biodiesel, produzido em várias unidades instaladas no país, tais como: a Prio (Aveiro), com uma capacidade de produção de 100 kt; a Torrejana (Torres Novas) – 80 kt; a Biovegetal e Iberol (Alhandra) – 2x 100 kt; a Tagol (Trafaria) – 100 kt, perfazendo cerca de 500 mil toneladas, aproximadamente (BIANCHI-DE-AGUIAR & PEREIRA, 2010). Atualmente, as grandes produtoras de biocombustíveis - biodiesel – são a IBEROL e a TORREJANA, detida pela TRACOPOL (base de soja e colza). Estas duas empresas têm uma capacidade de 200 mil toneladas que são adquiridas na totalidade pela GALP. Novos projectos da MARTIFER, ENERSIS e GALP perspetivaram atingir um valor de cerca de 700 kt, em 2010.

A Galp Energia tem desenvolvido vários projectos no âmbito dos biocombustíveis - biodiesel, nomeadamente no Brasil – produção de Palma (JV GALP + PETROBRÁS BIO), em Moçambique – produção de Jatropha (GALPBÚZI + MOÇAMGALP); produção de biodiesel de segunda geração (JV GALP + PETROBRÁS BIO).

A face mais conhecida dos biocombustíveis em Portugal está patente nos transportes públicos onde muitos dos veículos são movidos a biodiesel (percentualmente) e alguns a gás natural. Seria muito interessante sensibilizar os cidadãos para os biocombustíveis e as suas vantagens, bem como a problemática das emissões de GEE nos transportes (<http://www.energiasrenovaveis.com>, 2014).

A nível nacional a investigação nesta área está focada no biodiesel e na forma de o produzir com base em culturas novas e mais adequadas ao clima mediterrânico, assim como de outras formas de produção, que o tornem mais viável economicamente.

O bioetanol, encontrando-se em desvantagem pelas razões já expostas, deverá merecer uma outra atenção na estratégia de fabricantes de automóveis na UE de forma mudar o cenário do domínio do gasóleo, assim como ao nível de máquinas agrícolas pelos exemplos notáveis de exceção em bastantes países europeus (Suécia, Itália, Alemanha, entre outros).

2.2. MILHO PARA BIOENERGIA

2.2.1. Caracterização botânica e fisiológica do milho

O milho é uma planta C4 que pertence à divisão das Fanerogâmicas, subdivisão das Angiospérmicas, classe das Monocotiledóneas, ordem das Gramínideas, família das Poaceas, tribo Maydeae, género *Zea* L. e espécie *Zea mays* L.

O milho é considerado por LLACA *et al.* (2011), como uma das culturas mais estudada no mundo, a par das culturas de trigo e soja.

O milho possui um sistema radicular fasciculado, de grande crescimento, potente e com raízes adventícias que lhe conferem resistência à acama. Estas surgem no estado fenológico de 5 a 6 folhas. O caule é um colmo meduloso, ereto, que em boas condições de crescimento desenvolve 16 nós. As folhas são compridas, largas, paralelinérveas, de disposição alterna, lanceoladas, alternas, sem lígula, de bainha longa, bordos ásperos, glabras ou pubescentes, com nervuras retilíneas-paralelas e uma nervura funda ao meio da página superior. As flores surgem agrupadas em inflorescências masculinas e femininas (planta monoica). A inflorescência masculina é uma panícula (bandeira) que surge na extremidade do caule e contem duas espiguetas em cada dente. Cada espiguetta tem 2 flores, uma fértil e a outra estéril. A inflorescência feminina surge entre o 6º e o 8º nós, na axila das folhas, em número de uma ou, raras vezes, duas e é uma espiga de espiguetas unifloras (maçaroca). A espiga pode ter de 16 a 20 carreiras, em média, e cada carreira cerca de 50 grãos. A espiga é envolvida por brácteas (camisas), de onde saem longos estiletos (barbas) terminados por dois estigmas. As brácteas são solidárias ao pedúnculo e o eixo da espiga é carnudo (carolo).

O fruto do milho é uma cariopse indeiscente, monospérmico, apocárpico, com semente ligada ao pericarpo e agrupado em infrutescências. O peso de mil grãos varia entre 250 e 300g (BRITO PAES, 2011).

O ciclo da cultura compreende um período vegetativo e um período reprodutivo dando-se a sequência dos seguintes estados fisiológicos: germinação; emergência; emissão de folhas; aparecimento de panícula; floração masculina; floração feminina; formação de grão e maturação.

2.2.2. Superfícies e produção de milho em Portugal, Lisboa e Vale do Tejo

No contexto agrícola português, a cultura de milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas arvenses mais importante, sendo a que mais explorações agrícolas envolve e, segundo a Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo (ANPROMIS), desde 2006 tem ocupado uma área entre 130 a 150 mil hectares (milho grão e milho silagem), em todo o país. A área destinada à cultura pode aumentar, em consequência do acréscimo da área de regadio, para a qual contribuirá o projeto de Alqueva (Alentejo). Esta região de Portugal apresenta um grande potencial por explorar e, dependendo dos preços e políticas do mercado europeu e mundial, pode contribuir para um acréscimo na produção nacional, capaz de reduzir o volume das importações deste cereal. Atualmente, apesar do milho ser o cereal mais produzido em Portugal, o que se produz cobre pouco mais de 32% das necessidades do mercado interno (BARROS & CALADO, 2014). A cultura do milho encontra-se em ampla expansão, com maiores produtividades obtidas por hectare, recuperação de áreas anteriormente semeadas com esta

cultura e surgimento de novas áreas de regadio, entre as quais o Alqueva (<http://www.cap.pt>, 2013).

A cultura de milho é a atividade mais importante nos sistemas de produção arvense no país e uma das mais relevantes na região do Ribatejo (INE, 2010). Segundo dados do IFAP, num contexto nacional, a área declarada com a cultura de milho para grão apresentou uma evolução positiva entre 2012 e 2013, representando um aumento da área ocupada com essa cultura de 6,8% (Figura 5).

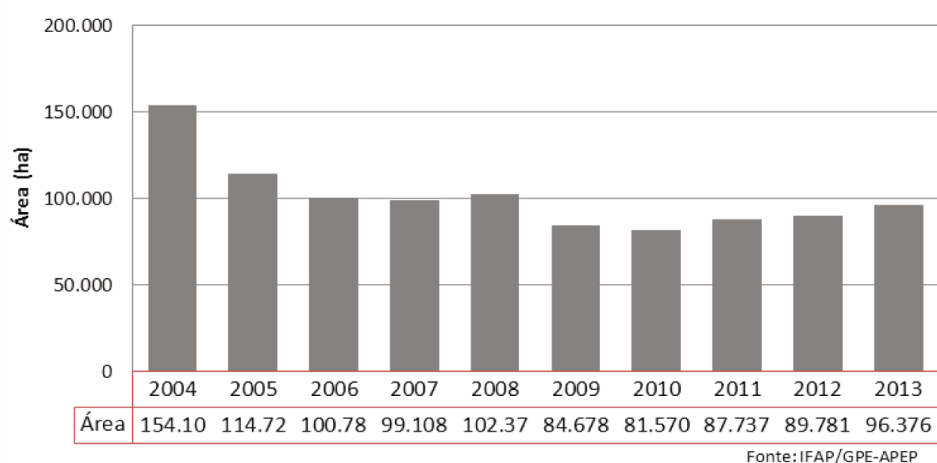
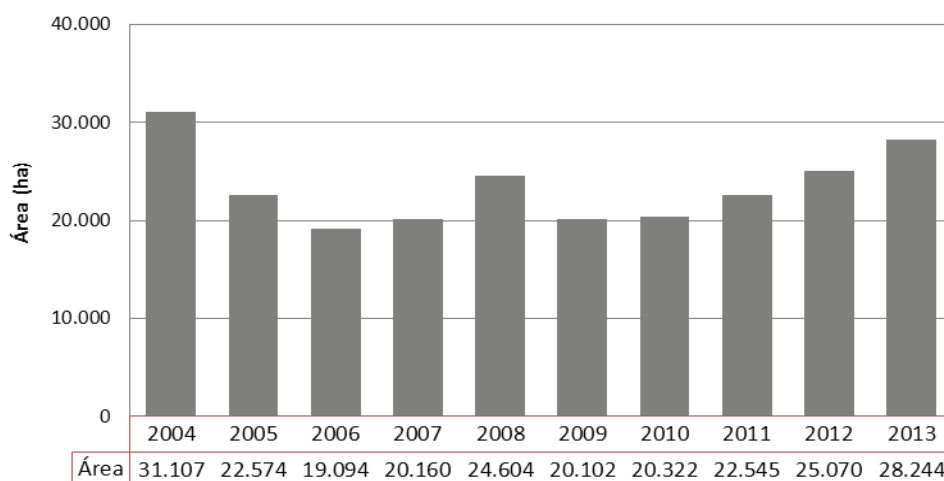


Figura 5 - Evolução da área de milho grão no contexto nacional entre 2004 e 2013. (Fonte: IFAP, 2013).

A região de Lisboa e Vale do Tejo representa cerca de 29,3% da área nacional, em 2013 (Figura 6).

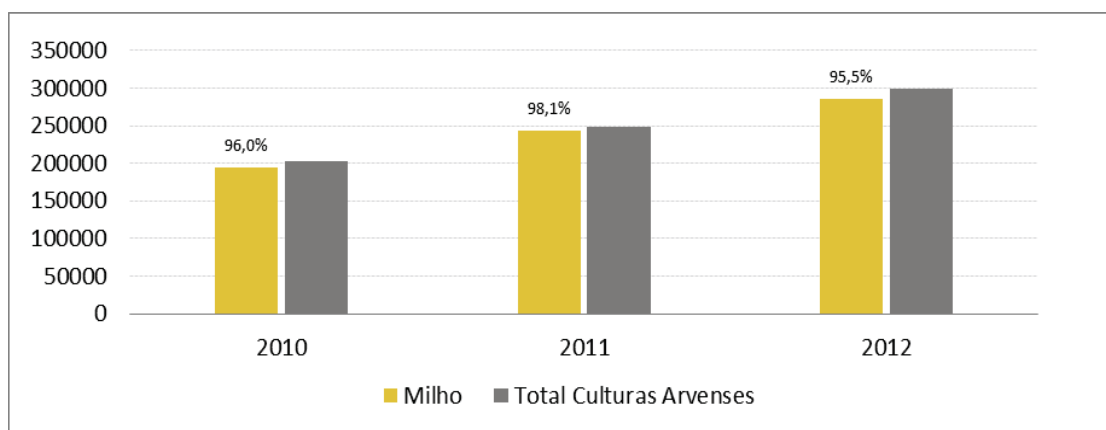


Fonte: IFAP/GPE-APEP

Figura 6 - Evolução da área de milho grão no contexto regional LVT entre 2004 e 2013.
(Fonte: IFAP, 2013)

De acordo com a mesma fonte, no contexto regional no âmbito da região agrária de Lisboa e Vale do Tejo verificou-se à semelhança da panorâmica nacional, um acréscimo de área semeada com a cultura de milho de 3 174 ha, representando um aumento de área de 11,2%, nos dois últimos anos.

Na Figura 7, apresenta-se a evolução dos volumes de produção (t) de milho no período entre 2010 e 2012 (DRAPLVT, 2013). É visivelmente destacada a importância da cultura de milho quando comparada com as restantes culturas arvenses praticadas. No período em análise, verificou-se um aumento de volume de produção de milho de 91 mil t, absorvendo perto de 94% do aumento do volume de produção de cereais.



	2010	2011	2012
Milho	193.994	243.688	285.294
%	96,0	98,1	95,5
Outras C. Arvenses	7.989	4.713	13.472
%	4,0	1,9	4,5
Total	201.983	248.401	298.765
%	100	100	100

Figura 7 - Evolução do volume de produção organizada de milho grão (t), relativamente a outras culturas arvenses praticadas no contexto regional LVT, entre 2010 e 2012. (Fonte: DRAPLVT, 2013)

Esta cultura constitui então uma importante fonte de biomassa residual. Em alguns anos, especialmente naqueles onde é expectável escassez de forragens e/ou palhas para a utilização no sector pecuário, alguns produtores começam a proceder ao seu aproveitamento com essa finalidade.

Um aumento da utilização desta fonte de biomassa para fins energéticos requer que se desenvolvam estudos aplicados à região, relativos aos custos económicos, energéticos e sobretudo à quantificação dos impactos ambientais, nomeadamente, ao nível da fertilidade da parcela de cultivo. São necessárias linhas orientadoras e metodologias para avaliar a sustentabilidade da bioenergia moderna (BEALL *et al.*, 2012).

2.2.3. Aproveitamento da palha de milho

Os cereais são uma importante fonte para a produção de etanol à base de amido. O milho, considerado um importante alimento humano e animal, pode ser utilizado como cultura bioenergética de 2 maneiras: o amido das sementes pode ser utilizado para a produção de etanol e os resíduos da cultura (palha) poderão ser potencialmente usados para a produção de etanol lenhocelulósico (YUAN *et al.*, 2008). Ainda segundo estes autores, para além do milho, poderão ter interesse para a produção de etanol lenhocelulósico, os resíduos das culturas de sorgo, trigo e arroz.

Os biocombustíveis de 1ª geração, hoje considerados como não competitivos em relação aos combustíveis fósseis, são vistos como um passo intermédio para a redução da emissão de GEE e diversificação das fontes de energia para transportes.

A utilização de bens alimentares, nomeadamente de cereais, para fins energéticos, sob a forma de biocombustíveis tem sido contestada por diversos autores e organizações (FAO, 2007). O desenvolvimento dos biocombustíveis de 2ª geração, isto é, com origem na celulose e outras fibras vegetais presentes nas partes não comestíveis dos vegetais (<http://www.energiasrenovaveis.com>, 2012) pode contribuir para a resolução do conflito entre a necessidade de produção de energia e a de produzir alimentos para a população a nível mundial (FAO, 2007).

A mudança para biocombustíveis de 2ª geração, é esperada e encorajada pela UE (CEC, 2006). No entanto, estes biocombustíveis de 2ª geração não tiveram uma contribuição significativa para o mercado até 2010 ou até mais tarde. Exige-

-se uma otimização de procedimentos agrícolas para a produção de culturas energéticas em níveis mais sustentáveis. A escolha mais adequada para obtenção de energia torna fundamental o desenvolvimento de estratégias que permitam a maior eficiência do uso de solo, a substituição das energias fósseis e redução de emissões de GEE. Essas culturas devem ter um elevado potencial de produção de energia aliado a um mínimo impacto ambiental (BOEHMEL *et al.*, 2008).

Segundo YUAN *et al.* (2008), embora a produção de etanol a partir de amido represente a opção mais conveniente e tecnicamente mais avançada para bioenergia nos EUA, esta plataforma resulta numa situação de severa concorrência entre fontes de energia e alimentares, o que, provavelmente, não é sustentável a longo prazo, dado que o balanço líquido de energia e de CO₂ do processo não é favorável. Referem ainda os mesmos autores que por esta razão, em regiões de clima temperado, o biocombustível (etanol, por enquanto) produzido a partir de biomassa lenhocelulósica representa a melhor escolha, se ultrapassados os obstáculos técnicos. A matéria-prima lenhocelulósica pode ser adquirida a partir de culturas para biomassa, floresta e resíduos agrícolas.

O futuro da produção de biocombustíveis nos EUA está claramente a entrar numa nova era, que será caracterizada por um aumento dramático da quantidade de bioetanol a par de aumento crescente de produção dependente de matérias-primas, que não grãos (TYNDALL *et al.*, 2010).

Em época de aumento do interesse em biocombustíveis, a palha de milho na América do Norte, estimada em 130 milhões de toneladas por ano, tem sido vista, como uma forte candidata para utilização matéria-prima para a produção de

etanol celulósico (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011). Ainda, segundo estes autores, a produção de milho em termos de palha (folhas, caules, camisas e carolo), é aproximadamente igual à quantidade de grãos colhidos.

Em termos comparativos de valores de energia bruta, 1 tonelada de palha equivale aproximadamente a 0,5 toneladas de carvão ou 0,3 toneladas de óleo (SIMS, 2002).

CARRIQUIRY *et al.* (2011) consideram que a grande vantagem da utilização de resíduos para a produção de biocombustíveis, quando comparada com a utilização de culturas de grãos, passa pela não necessidade de terra adicional. Ao evitar a competição por terra, a produção de biocombustíveis à base de resíduos deve ter o mínimo impacto direto sobre os preços dos alimentos.

Em 2010, no âmbito nacional, por Decreto Lei nº 117/2010 são incluídos critérios de sustentabilidade para os biocombustíveis produzidos dentro ou fora da UE. Os biocombustíveis não podem ser produzidos em terras situadas em áreas ricas em biodiversidade (floresta virgem, pastagens, áreas protegidas) ou em terrenos com elevado teor de carbono (zonas húmidas e as zonas continuamente arborizadas) convertidos em zonas agrícolas. A diretiva exige igualmente que os EM e a Comissão controlem o impacto no solo, na água e no mar e as repercussões sociais. A diretiva promove os biocombustíveis de segunda geração, e inclusivamente são fornecidas bonificações para esse tipo de biocombustíveis, como o bioetanol a partir da palha. Estes critérios de sustentabilidade dos biocombustíveis estabelecidos nesta diretiva são as primeiras regras de sustentabilidade legalmente vinculativas sobre a utilização de um recurso natural em todo o mundo, tendo já desencadeado discussões sobre a utilização

sustentável de recursos em setores como a agricultura (COMISSÃO EUROPEIA, 2011).

De acordo com SIMS (2002), as operações de destroçamento e incorporação das palhas no solo, como práticas culturais atuais são bastante dispendiosas, e para as quais, muitas avaliações de longa duração tem mostrado que existe um resultado de baixo benefício para o solo ou para o seu teor de MO, uma vez que a palha é constituída principalmente por celulose (C, H, O) e tem uma elevada relação C/N.

O índice de colheita (IC), definido como o rácio entre a matéria seca da produção economicamente útil (grãos de milho) e a matéria seca total de biomassa, segundo GALLAGHER (2012), foi considerado como um valor bastante conservativo, situando-se próximo de 0,45. Deste modo, a fracção da palha na biomassa total de milho seria de $1 - IC = 0,55$, ou seja a palha corresponde a 55% do total da biomassa do milho. Atualmente, pela evolução crescente dos rendimentos do milho, o autor indica que o IC situa-se numa faixa entre 0,50 e 0,55.

A disponibilidade de palha de milho para o mercado de biocombustíveis vai muito mais além da promessa industrial e abundância física. Vários estudos (TYNDALL *et al.*, 2010) descrevem a oferta de palha de milho dependente de fatores numa escala hierárquica, começando com um limite superior teórico do rendimento de palha, sendo este em função da agregação do número de hectares de milho, a variável de rendimento de milho, as variáveis de práticas de lavoura e os efeitos sazonais do clima na produtividade da cultura. Esta quantidade estimada de palha é então prevista para quantidades tecnicamente viáveis de palha que poderiam

ser comercializadas, noutras palavras, a fração capaz de ser colhida. Considerações tecnológicas, políticas, ambientais, económicas e sociais acabam por definir esta fração. Esta, é uma função dinâmica dos seguintes fatores: **(a)** tecnologia disponível para uma eficiente colheita; **(b)** exigências políticas, como por exemplo, o cumprimento do programa de conservação de bens de consumo e prevenção da erosão, requerem um mínimo de 30% de palha em sistemas de conservação de solo; **(c)** restrições ambientais voluntárias (por exemplo manter o “*Soil Organic Carbon*”); **(d)** condições meteorológicas durante a colheita da palha e **(e)** custo total da colheita de matéria prima e processamento inicial, incluindo os pagamentos aos produtores, assim como os custos de transporte e armazenamento.

No Quadro 1, são apresentados valores de produção média de matéria seca (MS) (desvio padrão) das várias componentes do milho e alcalinidade orgânica, obtidos através de um estudo de AVILA-SEGURA *et al.* (2011). Segundo este autor, a remoção de toda a palha de milho, permite obter $7,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ de MS.

Quadro 1 – Produção média (desvio padrão) de MS do milho e alcalinidade orgânica (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011).

Componentes	Matéria Seca (t ha^{-1})	Alcalinidade Orgânica (mol kg^{-1})
<i>Biomassa total acima do solo</i>	17,0 (2,25)	0,280 (0,055)
<i>Grão</i>	9,8 (1,48)	0,082 (0,011)
<i>Palha</i>	7,2 (1,09)	0,544 (0,095)
<i>Folhas, Caules, Camisas</i>	6,0 (1,01)	0,620 (0,106)
<i>Carolo</i>	1,2 (0,16)	0,167 (0,024)

2.2.4. Valor energético da palha de milho

O interesse da utilização de qualquer fonte de biomassa para fins energéticos resulta do conhecimento do seu rendimento em biomassa e energia. A eficácia do uso de energia de um sistema de cultivo deve ser superior a 1, para produzir mais bioenergia do que é consumida pelos processos de produção de biomassa.

Em termos de massa, a regra comum, segundo AVILA-SEGURA *et al.* (2011), é que a massa da palha é aproximadamente igual à massa de grãos colhidos. Os resultados obtidos por este autor mostraram, ainda, que o valor da palha correspondeu a 43% da biomassa disponível acima do solo.

BOEHMEL *et al.* (2008), na sequência de um estudo de seis sistemas de cultivo de culturas energéticas, com potencial de produção de biomassa para biocombustíveis, afirmam que o milho oferece o melhor desempenho produtivo de energia, mas com um volume relativamente mais elevado de energia consumida. Os resultados mostram a superioridade do milho como cultura energética anual na produção de matéria seca (PMS), bem como, na produção de energia líquida primária (diferença entre rendimento primário de energia (PMS x mínimo valor calorífico) e energia consumida) com um valor de desempenho mais elevado para o nível superior de aplicação de N, correspondente a 19,1 t MS ha⁻¹ a⁻¹ e 350 GJ ha⁻¹ a⁻¹. De acordo com os mesmos autores, o nível ideal de azoto para o milho energético foi de 120 Kg N ha⁻¹ a⁻¹. Um nível mais elevado a este, não implicou um rendimento significativamente mais elevado e, conseqüentemente, baixou a eficácia do uso de energia. Conclui-se ainda, neste mesmo estudo, que o milho tem, comparativamente a outras culturas, maiores necessidades de azoto para a

produção de 1 t MS ou 1 GJ mas apresenta um elevado rendimento de produção de biomassa por hectare, contribuindo para um uso mais eficiente do solo.

SIMS (2002) refere que embora a palha tenha uma densidade de energia relativamente elevada em comparação com outras formas de biomassa, devido ao seu baixo teor humidade, mesmo quando embalado, tem uma densidade de massa relativamente baixa.

O milho (palha) apresenta um valor mínimo de valor energético (LHV) de 16,5 GJ t⁻¹ de MS. Tal significa, para 13 t MS ha⁻¹, uma produção 214,5 GJ ha⁻¹. No que diz respeito à espiga de milho é registado um valor mínimo de valor energético de 21,4 GJ t⁻¹ de MS para 9,5 t MS ha⁻¹, correspondendo a 203,3 GJ ha⁻¹. (<http://www.energiasrenovaveis.com>, 2014).

Segundo SIMS (2002), as culturas de elevado rendimento, especialmente as plantas C4, podem permitir o equivalente em energia de mais de 400 GJ ha⁻¹ a⁻¹, numa escala comercial, levando a balanços de energia muito positivos para o sistema global.

2.2.5. Impactos ambientais da retirada da palha de milho

A manutenção da palha no campo tem sido uma prática eficaz no controlo da erosão, assim como para o sequestro de carbono no solo, manutenção da matéria orgânica do solo e ciclo de nutrientes (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011). Em Portugal, esta prática comum em sistemas de monocultura intensiva, tem sido considerada como um boa prática agrícola, contribuindo para a incorporação de MO no solo e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

A crescente procura de palha de milho como matéria-prima para o etanol celulósico levanta preocupações sobre a sustentabilidade agrícola e ambiental. Uma colheita excessiva de palha de milho pode ter impactos a longo prazo sobre a qualidade do solo, nomeadamente, no carbono orgânico deste, no balanço de nutrientes (ZHENGXI *et al.*, 2012), mas também impactos negativos sobre a produtividade das culturas procedentes (BLANCO-CANQUI *et al.*, 2009) a menos que sejam aplicadas, simultaneamente, medidas de conservação.

Os resíduos agrícolas são importantes para conservar as propriedades dos solos, conservar a água, melhorar a produtividade e para o sequestro de carbono no solo (CARRIQUIRY *et al.*, 2011).

Paralelamente ao interesse da palha para produção de biocombustíveis, encarada nos EUA e no mundo como uma matéria-prima chave, há algum cepticismo sobre os benefícios gerais do etanol proveniente da palha. Este cepticismo prende-se com preocupações em relação ao aumento de libertação de carbono, devido à erosão do solo (TYNDALL *et al.*, 2010).

Existem preocupações do ponto de vista agronómico e ambiental, associadas à remoção da palha (TAN *et al.*, 2012; TYNDALL *et al.*, 2010; SCARLAT *et al.*, 2010). As potenciais consequências agronómicas prendem-se com a perda de MO no solo, diminuição da sua estrutura/estabilidade, redução do teor de humidade do solo e remoção de nutrientes disponíveis para as culturas (TYNDALL *et al.*, 2010). Contudo, a questão principal que preocupa agrónomos de todo o mundo é o impacto negativo a longo prazo que a remoção de MO do solo terá na fertilidade deste.

Vários autores (KARLEN *et al.*, 2010; BLANCO-CANQUI & LAL, 2011; TYNDALL *et al.*, 2010; AVILA-SEGURA *et al.*, 2011) afirmam que a remoção dos resíduos do solo pode conduzir a aumento considerável da erosão deste, através do aumento do escoamento superficial, com perda de nutrientes e sedimentação das partículas em cursos ou reservas de água, causando, deste modo, um elevado prejuízo ambiental, incluindo a perda de capacidade de sequestro de carbono, perda de qualidade da água e, no geral, uma redução da capacidade produtiva, com efeito no stock de combustível, no final da cadeia produtiva.

Noutra vertente, igualmente preocupante, é o facto de várias espécies selvagens, como aves que tem por base de alimento o disponível no terreno, como exemplos, a perdiz, o faisão e o pombo, os quais dependem de resíduos de culturas e revestimentos de solo, como alimentos (TYNDALL *et al.*, 2010).

No entanto, existem formas de mitigar muitos destes efeitos negativos (BOEHMEL *et al.*, 2008; TYNDALL *et al.*, 2010; KARLEN *et al.*, 2011). A utilização de melhores práticas de gestão, incluindo o aumento de culturas de cobertura, a adubação verde, a compostagem, assim como um maneio mais preciso do azoto, constitui formas de mitigar muitos dos efeitos negativos de remoção da palha do solo (TYNDALL *et al.*, 2010).

BOEHMEL *et al.* (2008) referem que o potencial impacto ambiental negativo da cultura de milho pela erosão e lixiviação de azoto (nitratos) pode ser minimizado através de instalação de enrelvamento em zonas com suficiente abastecimento de água. Os sistemas de mobilização mínima e de rotação de culturas são recomendáveis para sistemas de culturas energéticas anuais, pois reduzem o impacto ambiental, como erosão do solo e promovem o sequestro de carbono e

melhoria de fertilidade de solo, sem comprometer a biomassa e metas de rendimento energético.

Estudos desenvolvidos têm revelado que os impactos ambientais e agronômicos surgidos pela remoção da palha diferem de acordo com o tipo de solo, topografia, práticas de cultivo, padrão de rotações culturais, grau de remoção da palha e condições meteorológicas sazonais (TYNDALL *et al.*, 2010).

A par das recentes chamadas de atenção para a política sustentável dos biocombustíveis celulósicos nos EUA, há um reconhecimento de que as práticas de manejo da cultura em geral, a intensidade das entradas e estratégia de colheita e uso de práticas de conservação, terão forte influência sobre a viabilidade ambiental da matéria-prima celulósica (TYNDALL *et al.*, 2010).

Em contextos internacionais, tem sido sugerido que a certificação de recursos de biomassa, incluindo resíduos de culturas, pode ser uma maneira de evitar efeitos colaterais negativos ao meio ambiente. A certificação incluiria protocolos para o estabelecimento de mínimos padrões ecológicos associados a cadeias de fornecimento de biomassa, juntamente com a capacidade de rastrear a biomassa desde a produção até à sua utilização final. Embora os fatores universais económicos exerçam influencia sobre as decisões ao nível do produtor, estes fatores são muitas vezes imersos em preocupações extraeconómicas. A pesquisa sobre a predisposição dos agricultores para a remoção da palha aponta que muitos dos agricultores estavam dispostos a renunciar ao lucro a fim de proteger o meio ambiente (TYNDALL *et al.*, 2010).

Outro fator a considerar, e para o qual tem sido desenvolvidos vários estudos

(TYNDALL *et al.*, 2010; BLANCO-CAQUI & LAL, 2011; KARLEN *et al.*, 2011) prende-se com a remoção não total da palha do solo. São necessárias estratégias de recolha sustentáveis de matéria-prima, para garantir a produção de bioenergia, sem degradar irreversivelmente os recursos do solo (KARLEN *et al.*, 2011).

BLANCO-CAQUI & LAL (2011) desenvolveram um estudo acerca da gestão da palha recolhida, por um período de cinco anos, em sistema monocultura, sementeira direta, em três solos diferentes em Ohio. O objetivo foi determinar alterações no sequestro de carbono do solo (SOC), emissões de CO₂, propriedades físicas do solo e produtividade agronómica, para taxas de remoção de palha de milho de 0, 25, 50, 75 e 100%. O estudo mostrou que a taxa anual de remoção de palha superior a 25% tem um efeito de redução no sequestro de carbono (SOC) e produtividade do solo, mas a magnitude dos impactos dependeu do tipo de solo (textura, drenagem e topografia). A taxa de remoção de palha de 50% reduziu o rendimento de grãos em cerca de 1,94 t ha⁻¹, o rendimento de palha em 0,97 t ha⁻¹ e o sequestro de carbono (SOC) em 1,63 t ha⁻¹. As reservas de água disponíveis e a população de minhocas foram significativamente reduzidas para níveis de remoção da palha de 50%, em todos os solos. Os resultados deste estudo, após dois anos e meio de gestão da palha, sugerem que apenas uma pequena fracção ($\leq 25\%$) do total da palha de milho pode ser removida para biocombustíveis em solos inclinados e com riscos de erosão. Acresce, que os efeitos desfavoráveis da remoção da palha foram mais pronunciados em solos inclinados, bem drenados e propensos a erosão do que em solos argilosos e mal drenados, quase planos.

De acordo com outro estudo, desenvolvido por SCARLAT *et al.* (2010), a análise das taxas de remoção sustentáveis consideradas por vários autores para resíduos

de culturas conclui que, em média, cerca de 50% dos resíduos de milho podem ser recolhidos se as restrições do meio ambiente e colheita (humidade da palha) assim o permitirem.

Uma série de estudos forneceram estimativas sobre a coleta de resíduos do solo de várias culturas, variando geralmente entre os 30% a 60%, mantendo a MO do solo, carbono orgânico do solo e protegendo-o contra a erosão (GLASSNER *et al.*, 1998; KADAM & MCMILLAN, 2003; KATTERER *et al.*, 2004; PANOUTSOU & LABALETTE, 2006; USDA-NRCS, 2006; CHRISTOU *et al.*, 2007; VAN DER SLUIS *et al.*, 2007 citados por TYNDALL *et al.*, 2010).

Segundo TYNDALL *et al.* (2010), para manter o carbono orgânico no solo, dependendo do tipo de solo, das práticas de lavoura e rotação de culturas, poderá ser necessária uma cobertura de resíduos no solo, acima de 70%.

Outra questão importante tem a ver com a exportação de nutrientes implicitamente associada ao processo de remoção da palha do solo. De acordo com o estudo desenvolvido por KARLEN *et al.* (2011), quando comparado o processo de colheita de grão com processo de recolha de palha, verificou-se que aumentou a remoção média dos principais macronutrientes NPK em 29,3 a 34 Kg ha⁻¹ para sistema de monocultura de milho e 42,3 a 34 Kg ha⁻¹ para sistema de milho em rotação, respetivamente.

A maior parte dos macronutrientes NPK, assim como alcalinidade da palha encontra-se nas folhas, caules e camisas do milho e não na espiga (Quadro 2). A remoção completa da palha exportaria cerca de 235 dólares ha⁻¹ a⁻¹ de fertilizantes e calcário, principalmente de K, enquanto a exportação da espiga

valeria 20 dólares ha⁻¹ a⁻¹ em equivalentes de nutrientes (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011). Num processo de remoção total da palha são removidos 47, 6, 81 e 197 Kg ha⁻¹ a⁻¹ de N, P, K e equivalente de carbonato de cálcio, respetivamente.

Quadro 2 – Produção média (desvio padrão) de MS do milho, composição de nutrientes e alcalinidade orgânica (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011).

Matéria Seca (t ha ⁻¹)	K	Ca	Mg	N	P	S	Alcalinidade Orgânica (mol kg ⁻¹)
	(% MS)						
<i>Biomassa total acima do solo</i>							
17,0 (2,25)	0,689 (0,132)	0,110 (0,036)	0,156 (0,026)	1,080 (0,130)	0,210 (0,029)	0,081 (0,008)	0,280 (0,055)
<i>Grão</i>							
9,7 (1,48)	0,361 (0,061)	0,003 (0,001)	0,109 (0,011)	1,399 (0,183)	0,303 (0,049)	0,095 (0,013)	0,082 (0,011)
<i>Palha</i>							
7,2 (1,09)	1,126 (0,260)	0,252 (0,074)	0,219 (0,058)	0,645 (0,120)	0,084 (0,026)	0,061 (0,011)	0,544 (0,095)
<i>Folhas, Caules, Camisas</i>							
6,0 (1,01)	1,223 (0,302)	0,301 (0,085)	0,261 (0,068)	0,713 (0,129)	0,095 (0,030)	0,069 (0,012)	0,620 (0,106)
<i>Carolo</i>							
1,2 (0,16)	0,639 (0,077)	0,009 (0,006)	0,015 (0,008)	0,303 (0,069)	0,033 (0,010)	0,025 (0,005)	0,167 (0,024)

O potencial de exportação de K foi duas vezes maior com a remoção da palha do que com o próprio grão, verificando-se estar este nutriente mais associado à palha. A exportação de alcalinidade orgânica, expressa em termos de equivalentes de carbonato de cálcio, foi aproximadamente cinco vezes maior com a remoção de palha do que da colheita de grão. O mesmo autor refere ainda que, além da exportação de NPK, o efeito de acidificação de remoção de biomassa embora não seja um importante fator económico, requer o aumento da aplicação de calcário e aumenta os custos de substituição de fertilizantes. A remoção do carolo fornece assim, uma opção com interesse para a produção de matéria-prima de biocombustíveis sem significativa afectação do potencial de perda de

solo por erosão ou custos de fertilizantes por exportação da palha. Ao contrário da palha, de que talvez apenas 50% ou menos pode ser removida a fim de atender às diretrizes de uma tolerável perda de solo, todas as espigas de milho podem ser removidas com um impacto mínimo sobre a erosão do solo e estado nutricional.

De acordo com KARLEN *et al.* (2011), antes de ser iniciada qualquer estratégia de colheita de palha, deve ser feita uma boa análise do solo e gestão dos nutrientes nos locais de colheita, permitindo evitar deficiências nutricionais indesejadas e posteriores menores rendimentos. É também destacada a importância de utilização de boas práticas agrícolas da cultura e que contribuam para uma melhor sustentabilidade da colheita de palha, as quais incluem a rotina – análises de solo, adubações adequadas com fornecimentos adicionais de nutrientes removidos com a palha, manutenção da MO e sustentada estrutura do solo, prevenção do vento, água ou erosão, inclusão de culturas anuais de cobertura, uso de sementeira direta e rotação de culturas.

2.2.6. Tecnologia para o aproveitamento da palha do milho

No processo de aproveitamento de resíduos da cultura de milho para a produção de biocombustíveis, podem ser considerados vários cenários de itinerários tecnológicos de acordo com as várias possibilidades e uso dos componentes do milho. O itinerário tecnológico base assenta nas práticas agrícolas e nas opções energéticas atualmente representativas da produção e secagem do milho grão e nas soluções técnicas (“dry milling”) propostas num plano de engenharia de base tipo, das atuais fábricas de bioetanol (AGROGÉS, 2009).

Para o aproveitamento dos resíduos da cultura, poderão considerar-se os seguintes itinerários tecnológicos:

- (1) Aproveitamento total da palha de milho;
- (2) Aproveitamento do carolo e camisas do milho, resíduos de debulha da maçaroca;
- (3) Aproveitamento somente do carolo.

2.2.6.1. Aproveitamento total da palha da cultura de milho

Nesta plataforma pressupõe-se a recolha da palha após a colheita do milho, sendo necessária uma colheita adicional e equipamentos de enfardamento, modificação dos equipamentos existentes, triagem e instalações de armazenamento, capacidade de gestão adicional (TYNDALL *et al.*, 2010).

Na fase de colheita, poderá ser utilizado como equipamento complementar e adaptado à ceifeira-debulhadora, um destroçador de palha, ou de forma mais corrente a sua utilização desagregada, através de um destroçador de resíduos, o qual se destina a triturar a palha (Figura 8).



(Fonte: privada)

Figura 8 – Destroçamento das palhas de milho com um destroçador visando o seu aproveitamento.

Na Figura 9, apresenta-se de forma esquemática o itinerário tecnológico necessário para a recolha total da palha de milho.



Figura 9 – Esquema do itinerário tecnológico para o aproveitamento total da palha de milho.

Para encordoar e dispor a palha em cordões de forma a enfardar, será necessária a passagem de um virador-juntador antes da operação de enfardar com a utilização de enfardadeiras acionadas pela tomada de força de trator, comprimindo a palha de milho, originando fardos compactos cuja forma poderá ser paralelepípedica ou cilíndrica e atados com arame ou fio de nylon. No caso de utilização de fardos paralelepípedicos o cordão de palha é apanhado e levantado por um tambor-recolhedor ou “pick-up” e depois comprimido na câmara de

compressão, por êmbolo animado de movimento alternativo, o qual poderá ser curvilíneo ou linear, formando-se os fardos, que são atados pelo sistema de atamento e deixados no terreno ou transportados diretamente para reboque através de um lançador de fardos (Figura 10). Poderão ser utilizadas enfardadeiras de média ou alta pressão em função da massa específica dos fardos que se pretende obter. No caso de enfardadeira de média pressão os fardos terão uma massa específica entre 100 a 175 kg m⁻³ e peso médio unitário de 15 a 35 kg, enquanto no caso de utilização de enfardadeira de alta pressão, produzem-se fardos com massa específica entre 175 e 250 kg m⁻³ e cujo peso unitário pode ultrapassar os 35 kg. Os fardos altamente comprimidos apresentam vantagem por ocuparem menos espaço e resistirem melhor ao manuseamento e ao transporte a longas distâncias.



Figura 10 – Utilização de enfardadeira de fardos paralelepípedicos para enfardação da palha (Fonte:<http://farmprogress.com/library.aspx/gets-payment-corn-stover-33/36/1415>, consultado em 10 de outubro de 2010.)

No caso de utilização de enfardadeira de fardos cilíndricos será o material acondicionado em grandes fardos de média pressão, com comprimento de 1,20 m

a 1,80 m, o diâmetro de 1,60 m a 1,80 m e o peso de 250 a 450 kg em palha. Para o carregamento de fardos podem utilizar-se equipamentos diversos, tais como uma rampa e lançador de fardos, carregador de fardos de plano inclinado, empilhador e reboque autocarregador de fardos. Os reboques agrícolas podem ser definidos como veículos de transporte de mercadorias.

Podem ser instalados dispositivos mecânicos na traseira da ceifeira-debulhadora para permitir que a palha fique encordoada, para ser posteriormente enfardada.

2.2.6.2 Aproveitamento do Carolo e Camisas do milho

Neste processo as espigas passam pelo sistema de debulha na ceifeira-debulhadora e após esta operação, são expelidas os carolos e camisas pela traseira da máquina.

Na Figura 11, apresenta-se de forma esquemática o itinerário tecnológico necessário para a recolha dos resíduos provenientes da debulha da maçaroca.



Figura 11 - Esquema do itinerário tecnológico para o aproveitamento do carolo e camisas (resíduos da debulha da maçaroca).

Neste itinerário é suposto equipamento que permita recolher estes componentes antes de serem expelidos para o solo (Figuras 12).



Figura 12 – Aproveitamento do carolo e camisas da maçaroca do milho (Fonte: <http://www.google.pt/search=fardos+palha+milho>. Consulta em 10 outubro de 2014).

Existem novos protótipos de coletores combinados com enfardadeiras que prensam carolos e palha em fardos rectangulares de 3x4 metros, os quais podem estar acopladas atrás das ceifeiras-debulhadoras (Figura 13).



(Fonte: HAY, 2002)

Figura 13 – Equipamento de recolha e acondicionamento de resíduos após operação de debulha.

2.2.6.3 Aproveitamento do Carolo

Segundo diversos autores (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011) o aproveitamento do carolo de milho é de particular interesse, uma vez que as espigas são captadas aquando da colheita, e estão entre as frações mais secas da palha de milho. Ainda segundo AVILA-SEGURA *et al.* (2011), as espigas de milho têm sido utilizadas como biocombustíveis nos EUA. O Departamento de Energia dos EUA desenvolveu um projeto de forma a avaliar essa utilização, no qual foram utilizados apenas os carolos de milho para produzir etanol celulósico. Os operadores deste projeto relataram que é mais económico transportar uma carga de carolos, do que uma carga de folhas, camisas e caules, porque os carolos são mais densos do que o resto dos resíduos do milho, apresentando ainda tamanho e forma uniforme. Esta remoção equivale a 17% da remoção total da palha (Figuras 14, 15 e 16).



Figura 14 - Equipamentos para recolha de carolo da ceifeira-debulhadora (Fonte: <https://www.no-tillfarmer.com/pages/News---Deere,-Hillco-Design-Corn-Cob-Collector.php>. Consulta em 10 de outubro de 2014).



(Fonte: HAY, 2002)

Figura 15 - Equipamento para recolha de resíduos provenientes colheita, tais como o carolo.

Na Figura 16, apresenta-se de forma esquemática o itinerário tecnológico necessário para a recolha do carolo.



Figura 16 – Esquema do itinerário tecnológico para o aproveitamento do carolo.

Existem três tipos de sistemas conhecidos para proceder à recolha de carolos de milho. Um primeiro sistema é caracterizado por uma coleta combinada de grãos e carolos, em que numa primeira fase passam ambos por um tanque combinado e de seguida é separado o grão num vagão ou camião e os carolos são empilhados no solo de forma a serem recolhidos, posteriormente. Este método requer pequenas modificações no separador de grãos/carolos, equipamento especial para a separação posterior entre grão e carolo, assim como uma operação

adicional para recolha dos carolos do solo.

O segundo sistema inclui o funcionamento combinado entre tegão de milho e vagão rebocado atrás. Com o triturador de palha e espalhador desengatados, o grão entra no tegão e os restantes resíduos vão para o transportador rebocado. Os carolos e as camisas são depois separados, sendo os carolos mantidos e os restantes resíduos devolvidos ao campo. Esta separação permite que os mesmos sejam transferidos para vagão durante a colheita, exigindo a instalação de controlo na cabine com automatização adequada.

O terceiro sistema envolve a adição de um dispositivo de recolha de carolo na parte de trás do combinado, de modo que os grãos e carolos sejam colhidos em duas correntes separadas.

Considera-se como ponto positivo, nos dois últimos itinerários, o facto de ser utilizada uma única passagem de colheita. Contudo, será necessário tempo adicional para a sua recolha, equipamento especial para esse aproveitamento e armazenamento disponível.

2.2.7. Análise económica da utilização da palha de milho para produção de biocombustíveis.

As estimativas existentes sobre custos de produção, entrega e armazenamento variam amplamente entre fontes, dado a falta de experiências de produção em grande escala (CARRIQUIRY *et al.*, 2011). No entanto, foram recolhidos dados de diversos autores sobre estimativas de custos de matérias-primas entregues a uma biorefinaria: o custo da matéria-prima é um dos principais custos de produção de

biocombustíveis de segunda geração, rondando os 30 a 50% dos custos totais.

Os itens incluídos no cálculo de custos estimados são: os rendimentos; as distâncias às instalações de conversão; as necessidades de armazenamento e nível em que cada um desses itens é compensado. Como exemplo, a estimativa de GALLAGHER *et al.* (2003) inclui apenas a colheita, transporte e aumento de custos de fertilizantes, enquanto a de outros autores (PERLACK & TURHOLLOW, 2003), incluem custos de recolha, tratamento e transporte da palha de milho, além de um custo adicional, por tonelada de resíduo, para a potencial compactação do solo, diminuição da superfície de MO e uma proporção de lucro solicitada pelos agricultores.

No Quadro 3, apresentam-se custos estimados de palha de milho entregue a uma biorefinaria (CARRIQUIRY *et al.*, 2011).

Quadro 3 – Custos estimados de palha de milho entregue numa refinaria (CARRIQUIRY *et al.*, 2011).

Palha de milho	Custo Estimado	
	€/t	€/L etanol
Frederick <i>et al.</i> (2008)	41,88	0,14
Petrolia (2008)	43,41 a 52,54	0,14 a 0,17
Tokgoz <i>et al.</i> (2007)	63,96	0,21
Petrolia (2006)	31,22 a 35,79	0,10 a 0,12
Perlack & Turhollow (2003)	36,55 a 43,40	0,12 a 0,15
Gallagher <i>et al.</i> (2003)	14,47 a 15,23	0,048 a 0,051

Segundo CARRIQUIRY *et al.* (2011), embora os biocombustíveis de 2ª geração possam contribuir significativamente para o futuro fornecimento misto de energia, o custo é um dos principais obstáculos à sua produção comercial no curto/médio

prazo. No entanto, no caso dos biocombustíveis de 1ª geração, em que a matéria-prima pode ser responsável por mais de 2/3 dos custos totais, no caso dos biocombustíveis de 2ª geração essa percentagem é relativamente baixa (30 – 50%). Deste modo, reduzir o custo de matéria-prima é uma das chaves para redução de custos de produtos energéticos, como etanol, a partir de processos de conversão de celulose (SOKHANSANJ *et al.*, 2002).

Se o valor económico da palha for assumido como tendo um custo zero e considerando os custos para a sua recolha na ordem de 19,8 € t⁻¹, nomeadamente para enfardamento (normalmente fardos grandes redondos ou quadrados) e armazenamento, então a energia na palha custaria cerca de 1,6 € GJ⁻¹ assumindo um teor de humidade de 15-20%. O transporte para uma central de conversão pode adicionar mais 2,4 a 3,9 € GJ⁻¹ se dentro de uma distância média de 25 km (SIMS, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO

Foram escolhidos 6 campos, instalados com a cultura de milho, situados na sub-região da Charneca e do Campo. Os locais de recolha de plantas situaram-se nos concelhos de Alpiarça e Chamusca, mais concretamente nas freguesias de Alpiarça, Chouto, Pinheiro Grande e Vale de Cavalos (Figura 17).

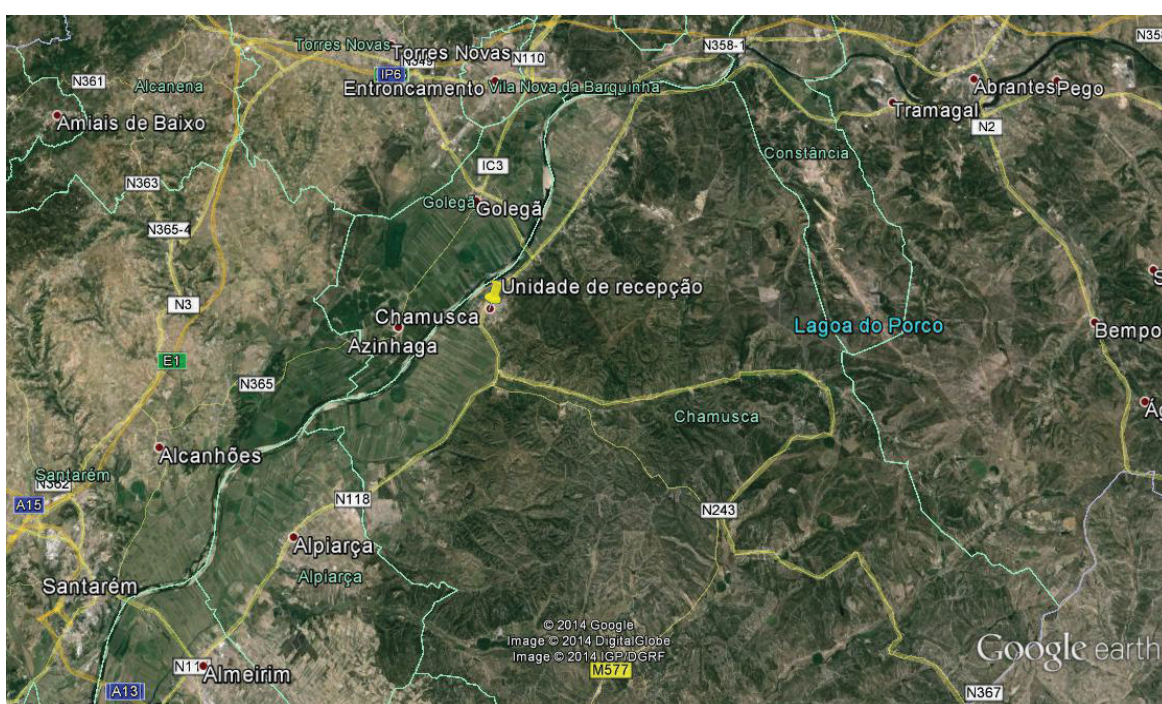


Figura 17 – Área de intervenção do estudo, considerando a unidade de receção na Chamusca.

Consideraram-se locais com distâncias diferentes relativamente ao local hipotético de entrega/consumo de uma possível unidade de biorefinação (Chamusca). A dimensão dos locais/parcelas variam entre 1 ha e 20,5 ha. Na escolha das parcelas foram considerados outros critérios para além da distância ao local de entrega/consumo, como: o tipo de solo, o sistema de rega, a facilidade de acessos às parcelas.

Em anexo (A.1) são apresentados os mapas de localização elaborados para os locais de recolha de amostras (Carta militar, escala 1:25 000; Ortofotomapa, escala 1:10 000).

3.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O ano de 2012 em Portugal Continental caracterizou-se por uma situação de seca meteorológica, que se iniciou no final de 2011 e que se manteve durante quase todo o ano de 2012. A maior intensidade da situação de seca verificou-se no final do inverno e início da primavera, com quase todo o território nas classes de seca mais graves do índice PDSI, severa a extrema, nos meses de fevereiro a março (IPMA, IP, 2012).

De forma a caracterizar o ano de 2012, quanto à média da temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação média acumulada, compararam-se os dados climáticos de 2012 com as normais climáticas (média de 30 anos: 1981 – 2010) (IPMA, 2014). Os dados foram representados através de gráfico, que pode ser observado na Figura 18.

Os dados climáticos de 2012 utilizados para a caracterização climática da zona de estudo foram recolhidos na estação meteorológica de Paços dos Negros (DRAPLVT), por se tratarem dos dados disponíveis.

Em 2012, verificou-se uma temperatura média diária do ar de 15,5 °C, variando entre 8,4 °C em fevereiro e 22,1 °C em agosto. O ano caracterizou-se por uma amplitude média anual de 13,7 °C. Verificou-se que a média das temperaturas

máximas mensais atingiu o valor máximo no mês de agosto com 31,5 °C, e a média das temperaturas mínimas mensais atingiu o valor mínimo em fevereiro com 0,4 °C (observaram-se valores diários negativos).

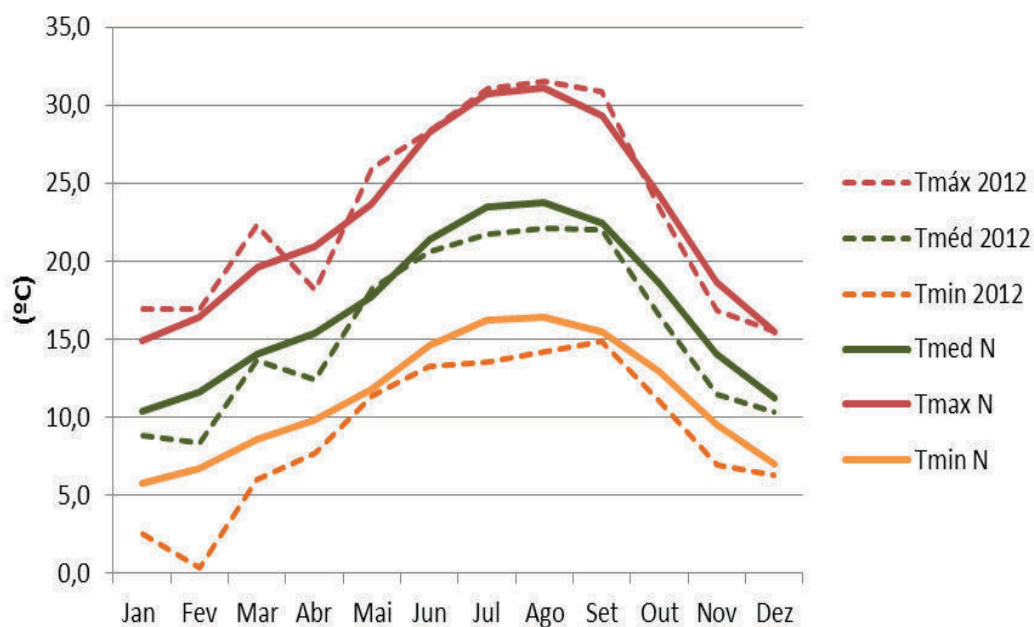


Figura 18 – Comparação entre o ano 2012 e média de 30 anos (1981-2010) para os dados climáticos médios de temperatura média, máxima e mínima (IPMA, 2014).

Na Figura 19, estão representados os dados relativos à precipitação média acumulada de 2012, comparados com a precipitação normal média de 30 anos.

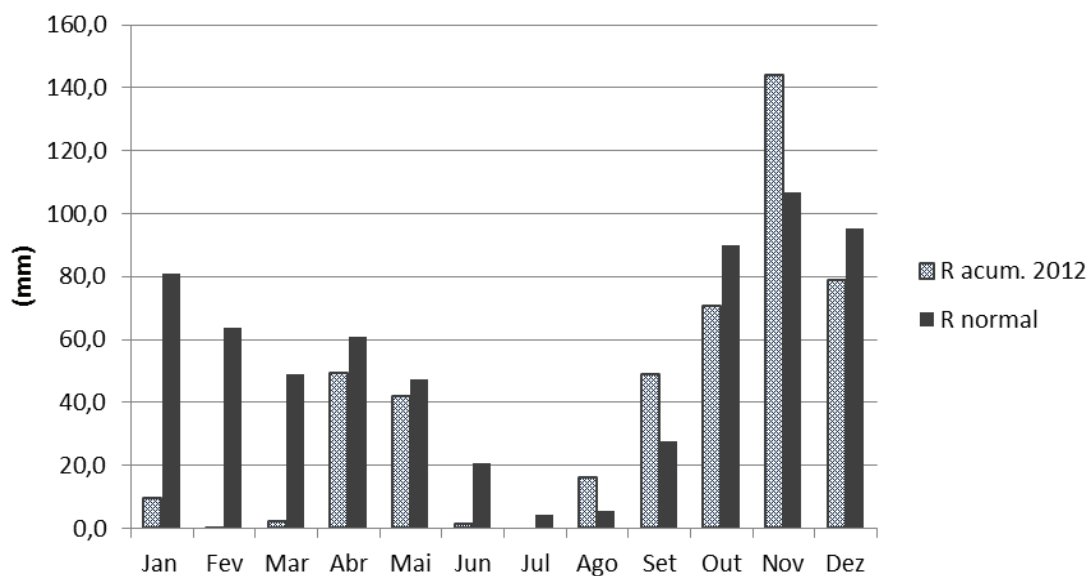


Figura 19 – Comparação entre o ano 2012 e média de 30 anos (1981-2010) para a precipitação média acumulada (IPMA, 2014).

Quanto à precipitação, no ano de 2012, ocorreram 463 mm, verificando-se no período da cultura (maio a setembro) uma precipitação de 108 mm. Pela análise da Figura 19, no período da cultura, observa-se um período seco de 2 meses (junho e julho) com ocorrência de precipitação nos meses de agosto e setembro de 16,0 e 48,8 mm, respetivamente, acima da precipitação normal.

3.3. CARACTERIZAÇÃO EDÁFICA

Os locais de recolha de amostras caracterizam-se edaficamente de acordo com a carta dos solos (segundo esquema da FAO para a carta de solos da Europa) no concelho de Alpiarça como regossolos êutricos – aluviossolos modernos e calcários e no concelho da Chamusca como podzois ortícos – não hidromórficos (associados a cambissolos êutricos). De acordo com a classificação segundo a

carta de capacidade de uso do solo, do SROA, de utilização agrícola, são de classe A – sem limitações.

No Quadro 4, apresenta-se a classificação de solos por local de recolha de amostras de plantas de milho (cartas dos solos de Portugal – SROA: 27-D, 31-A e 31-B) e no Quadro 5 apresentam-se os valores das principais características físicas e químicas de amostras de solo nas parcelas consideradas no estudo.

Quadro 4 – Classificação de solos dos locais de recolha de amostras.

LOCAIS	CONCELHO/FREGUESIA	CLASSIFICAÇÃO SOLO
Local 1	Chamusca/ Pinheiro Grande	Al - Aluviossolos modernos, textura ligeira ou Alc - Aluviossolos modernos, textura ligeira com calcário, fase inundável
Local 2	Chamusca / Chouto	Srt - Podzois não hidromórficos ou Ppr - Podzois não hidromórficos com surraipa, de materiais arenáceos pouco consolidados com fase pedregosa
Local 3	Chamusca / Chouto	Ppr - Podzois não hidromórficos com surraipa, de materiais arenáceos pouco consolidados
Local 4	Alpiarça / Alpiarça	Ac (i) - Aluviossolos modernos, textura mediana com calcário com fase inundável
Local 5	Alpiarça / Alpiarça	Ac (i) - Aluviossolos modernos, textura mediana com calcário com fase inundável
Local 6	Chamusca/ Vale de Cavalos	Ac (i) - Aluviossolos modernos, textura mediana com calcário com fase inundável

Quadro 5 – Análises físico-químicas de solo de cada local (Unidade laboratorial, ESAS).

Local	Textura de Campo	pH (H ₂ O)	Matéria Orgânica (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)	Calcário Total (%)
1	Grosseira	6,6	0,9	96	15	0
2	Grosseira	5,5	3,2	59	41	0
3	Grosseira	6 - 5,2	1,7 - 1,9	169 - 115	13 - 61	0
4	Fina	7,7	1,5	184	98	0,5
5	Fina	7,5	1,8	711	250	0,5
6	Fina	7,7	1,5	276	24	0,5

Em anexo (A.2), encontram-se os resultados das análises de solo realizadas.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS CAMPOS DE PRODUÇÃO

O trabalho de campo iniciou-se com a recolha de amostras de plantas inteiras de milho em 6 explorações, localizadas nos concelhos de Alpiarça e Chamusca.

Os campos de cultivo amostrados foram escolhidos considerando alguns critérios de forma a torna-los representativos dos principais sistemas de cultivo nas duas sub-zonas agro-ecológicas do Ribatejo (Campo e Charneca). Foram considerados os seguintes critérios: localização na região; distância ao local de consumo/unidade de secagem; dimensão da parcela de cultivo; produtividade; sistema de cultivo em monocultura; sistema de rega (Quadro 6).

Quadro 6 – Caracterização dos locais de recolha de amostras: localização; variedade; ciclo; sistema de rega e produtividade (t/ha).

LOCAIS	Concelho/Freguesia	ÁREA (ha)	VARIEDADE	CICLO	SISTEMA REGA	PRODUTIVIDADE DO CAMPO (t/ha)
Local 1	Chamusca/ Pinheiro Grande	2,1	PR33Y74	FAO 600	Localizada	14,4
Local 2	Chamusca / Chouto	20,5	P1114	FAO 500	Pivot	15,0
Local 3	Chamusca / Chouto	10,6	PR34P88	FAO 500	Pivot	10,3
Local 4	Alpiarça / Alpiarça	1,0	PR32T16	FAO 600	Localizada	11,0
Local 5	Alpiarça / Alpiarça	11,0	PR32T16	FAO 600	Pivot Linear	15,2
Local 6	Chamusca/ Vale de Cavalos	4,5	n.d		Localizada	13,7

n.d – Dado não disponível

3.5. AMOSTRAGEM DE PLANTAS

Em cada um dos locais, foram recolhidos 3 grupos de 6 plantas (R1, R2, R3), num total de 18 plantas. As repetições de amostras em cada local foram escolhidas

aleatoriamente. Simultaneamente, foram recolhidas amostras de solo dos locais de recolha das plantas. Em cada um dos locais foi ainda determinado a população produtiva, isto é, o número de plantas por unidade de área que antecede o momento da colheita. Esta estimativa foi efetuada quantificando o número de plantas existentes em 2 metros lineares, em cada um dos locais de recolha (Figura 20). Procedeu-se ainda à georeferenciação mediante a utilização de sistema GPS dos locais das repetições.

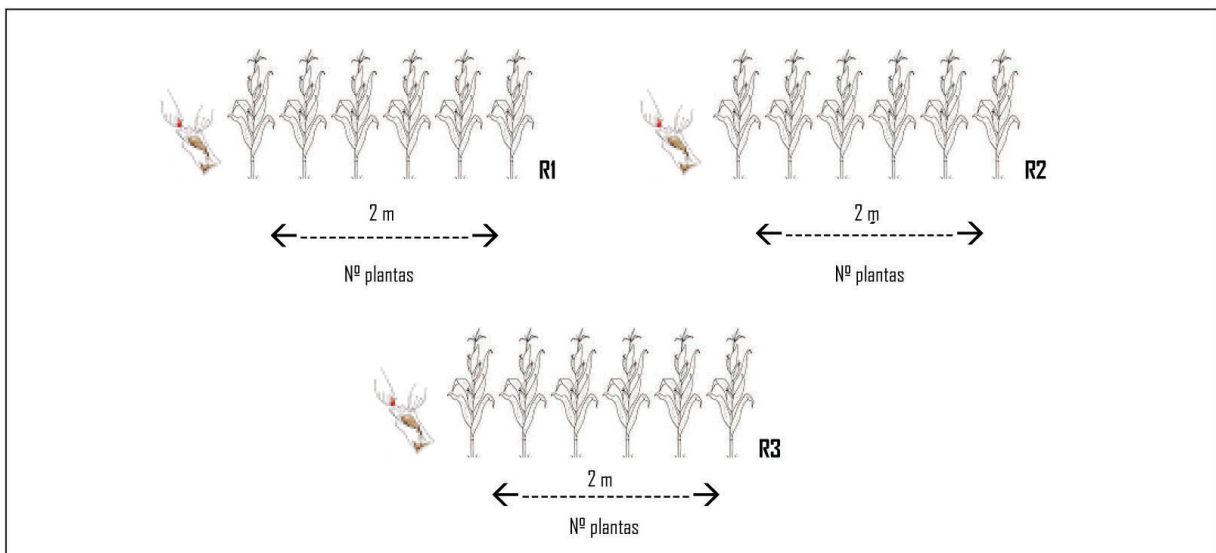


Figura 20 – Representação da metodologia da recolha de amostras/local.

Para a avaliação do potencial de produção de biomassa e determinação do índice de colheita foi avaliado o peso verde de cada amostra de 6 plantas, isto é, de cada uma das 3 repetições de cada um dos locais (campos de cultivo). Posteriormente, em cada uma das repetições foram selecionadas aleatoriamente 2 plantas constituindo-se uma sub-amostra de 6 plantas por local (Figura 21). As avaliações dos componentes do rendimento de biomassa foram avaliadas a partir desta sub-amostra.



Figura 22 – Pesagem maçaroca (PV).

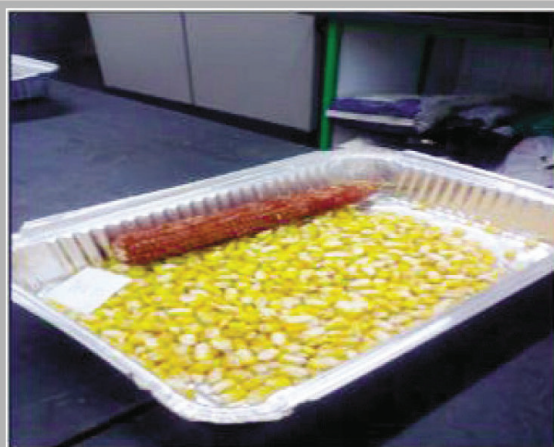


Figura 23 – Grão e carolo para estufa.



Figura 24 – Separação de 25 grãos.



Figura 25 – Componentes das plantas em estufa a 65-75°C.



Figura 26 – Separação das componentes das plantas.



Figura 27 – Componentes separadas das plantas secas, para determinação do peso seco.

(Fonte privada)

Em seguida, todas as sub-amostras foram colocadas em estufa a 65-75°C (Figura 25) e os 25 grãos de milho a 105°C, até peso constante, efetuando-se,

posteriormente, a sua pesagem com uma balança de precisão e registo do peso seco (PS) separadamente para as várias componentes das subamostras.

Foram elaboradas amostras compósitas de todas as componentes das plantas secas e colocadas em sacos separados para posterior determinação dos macronutrientes na matéria seca (Figuras 26 e 27).

3.7. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS NUTRIENTES NOS TECIDOS

Com o objetivo de estimar a concentração de nutrientes nos tecidos, em cada um dos componentes da planta, procedeu-se à moenda das amostras compósitas de cada um dos componentes das 6 plantas recolhidas em cada um das parcelas de estudo. Esta moenda foi efetuada num moinho de martelos até se obterem partículas de diâmetro inferior a 1 mm. As determinações de K, Ca e Mg foram efetuadas com espectrofotómetro de absorção atómica. O P foi determinado pelo método de colorimetria e o N, pelo método de Kjeldahl.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados, obtidos neste trabalho, foi estruturada de forma a ter como ponto de partida a avaliação individual de cada planta, representativa de cada local de estudo (biomassa total, assim como, a repartição da matéria seca pelos seus componentes) até à avaliação da biomassa total e repartição pelos componentes da planta por hectare. Por fim, apresentam-se e discutem-se os resultados quanto ao teor de nutrientes dos componentes das plantas e, deste modo, a exportação / restituição de nutrientes nos vários itinerários previstos.

4.1. MATÉRIA SECA TOTAL DA PLANTA

Na Figura 28, representam-se os valores médios da matéria seca total por planta, para cada um dos locais de estudo.

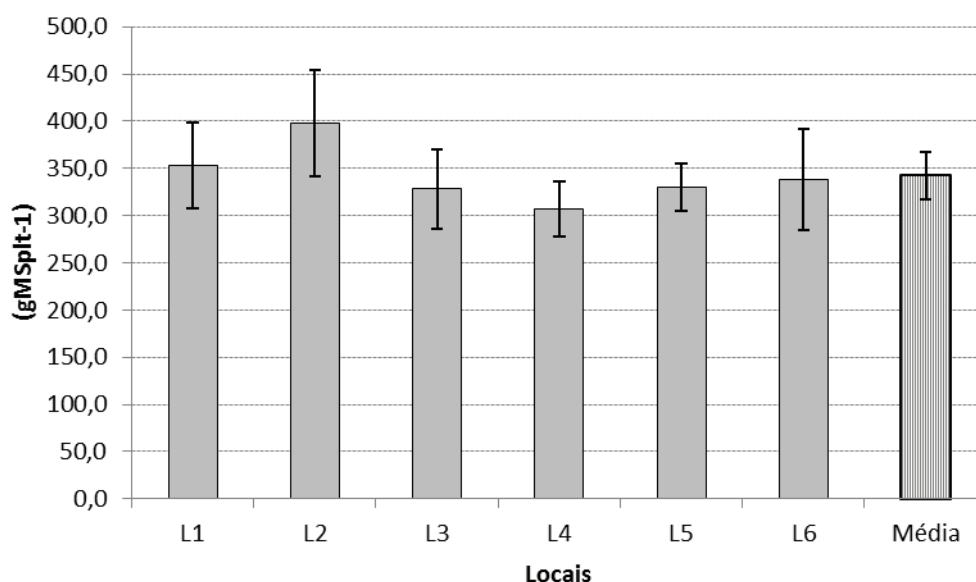


Figura 28 – Análise da matéria seca total média de cada planta e média da matéria seca total das plantas. (As barras verticais representam o intervalo de confiança (IC) para um nível de 95%).

O valor médio do peso seco médio por planta é de 342 g MS plt^{-1} . Considerando que as amostras foram escolhidas aleatoriamente no campo e são independentes, que a população de plantas de milho do campo apresenta uma distribuição normal e as variâncias populacionais são iguais, efetuou-se a análise de variância. Consideraram-se as plantas observadas, como repetições, e os locais onde foram recolhidas as plantas, os tratamentos.

Quadro 7 – Tabela ANOVA da matéria seca total da planta, considerando os 6 campos como tratamentos.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor p	F crítico
Entre locais	29 002	5	5 800	1,97357	0,111491	2,5336
Dentro dos locais	88 171	30	2 939			
Total	117 172	35				

Apesar de se ter verificado valores mais elevados da matéria seca total em L2 (389 g plt^{-1}) e mais baixo em L4 (307 g plt^{-1}) a análise de variâncias mostrou não existirem diferenças significativas entre os 6 campos de colheita, relativamente ao peso seco total da planta. Deste modo, o peso seco médio de 342 g pode ser considerado como representativo do potencial de produção da matéria seca da planta de um campo da região do Vale do Tejo.

4.2. REPARTIÇÃO DA MATÉRIA SECA TOTAL PELOS DIFERENTES COMPONENTES DA PLANTA

Tal como descrito no capítulo 3.6 procedeu-se à avaliação da repartição da matéria seca da planta, da parte aérea, pelos seus diferentes componentes (folhas, caule, camisas, grão, e carolo). A definição desta metodologia é justificada na medida em que a avaliação dos impactos ambientais da recolha dos resíduos dependerá, necessariamente, do tipo de itinerário que seja equacionado, ou seja, a recolha total dos resíduos (palha), das camisas e carolos, ou só dos carolos.

No Quadro 8, encontram-se registados os valores médios da matéria seca determinados para cada um dos componentes das plantas.

A repartição da MS (%) pelos diferentes componentes da planta foi representada graficamente nas Figuras 29, 30 e 31.

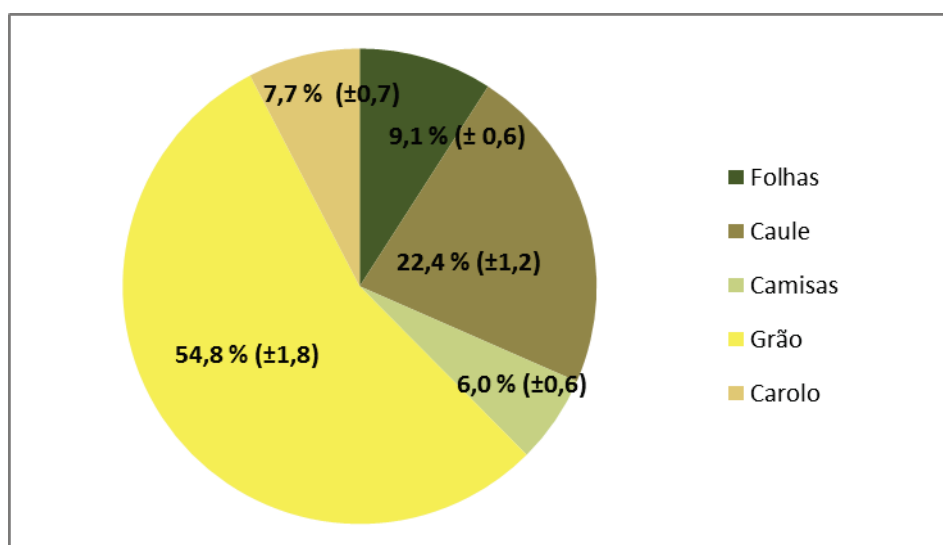


Figura 29 – Repartição da MS (%) pelos vários componentes desagregados da planta (folhas, caule, camisas, grão e carolo). Resultados médios dos 6 locais estudados.

Quadro 8 - Repartição do peso seco médio (\pm IC) das componentes das plantas.

		PLANTAS							
Componentes		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	Média	DP
		Peso seco (\pm IC) (g MS)							
<i>Folhas</i>	A	27,8 (\pm 2,4)	34,9 (\pm 3,5)	31,0 (\pm 4,7)	30,5 (\pm 3,7)	32,4 (\pm 3,5)	30,1 (\pm 5,9)	31,1 (\pm 1,9)	2,4
<i>Caule</i>	B	73,3 (\pm 8,6)	92,5 (\pm 10,8)	79,4 (\pm 5,6)	72,5 (\pm 11,2)	73,4 (\pm 8,8)	69,8 (\pm 12,8)	76,8 (\pm 6,7)	8,3
<i>Carolo</i>	C1	28,4 (\pm 3,0)	32,9 (\pm 5,8)	23,3 (\pm 3,3)	26,8 (\pm 1,5)	24,9 (\pm 4,3)	21,3 (\pm 3,9)	26,3 (\pm 3,3)	17,8
<i>Grão</i>	C2	201,2 (\pm 27,3)	209,5 (\pm 41,0)	176,5 (\pm 28,8)	162,1 (\pm 14,4)	179,5 (\pm 16,6)	197,0 (\pm 28,6)	187,6 (\pm 14,3)	4,1
<i>Espiga</i>	C=C1+C2	229,6 (\pm 29,6)	242,4 (\pm 45,6)	199,7 (\pm 31,8)	188,9 (\pm 15,7)	204,4 (\pm 18,6)	218,3 (\pm 32,2)	213,9 (\pm 16,0)	20,0
<i>Camisas</i>	D	22,7 (\pm 7,4)	28,2 (\pm 4,5)	18,2 (\pm 2,5)	14,9 (\pm 1,4)	20,0 (\pm 3,5)	20,3 (\pm 3,2)	20,7 (\pm 3,6)	4,5
<i>Maçaroca</i>	E=C+D	252,3 (\pm 36,6)	270,6 (\pm 49,7)	217,9 (\pm 33,9)	203,8 (\pm 15,6)	224,4 (\pm 18,3)	238,6 (\pm 35,3)	234,6 (\pm 19,4)	24,3
<i>PS planta parte aérea</i>	A+B+E	353,4 (\pm 45,6)	398 (\pm 55,8)	328,4 (\pm 42,0)	306,8 (\pm 29,2)	330,2 (\pm 25,2)	338,4 (\pm 53,4)	342,5 (\pm 24,9)	31,1

DP – Desvio padrão; IC – Intervalo de confiança; MS - Matéria Seca

O peso seco do grão representa a maior percentagem da matéria seca total da planta (54,8%) segue-se o caule (22,4%) e as folhas (9,1%). As camisas e o carolo representam 6 e 7,7%, respetivamente. Estas duas últimas componentes representam, deste modo, 13,7% do total da matéria seca total da planta (Figura 29).

Relativamente às componentes agregadas pelos componentes principais da planta, pode observar-se na Figura 30, a supremacia da % de MS da maçaroca (grão, camisas e carolo), em relação às percentagens constatadas para folhas e caules.

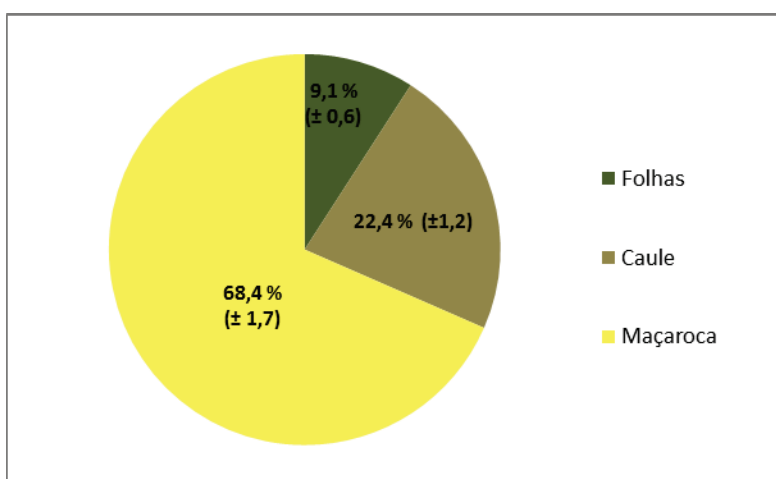


Figura 30 – Repartição da MS (%) pelos componentes da planta.

No gráfico da Figura 31 apresenta-se em destaque a repartição da MS da maçaroca do milho pelo grão, camisas e carolo.

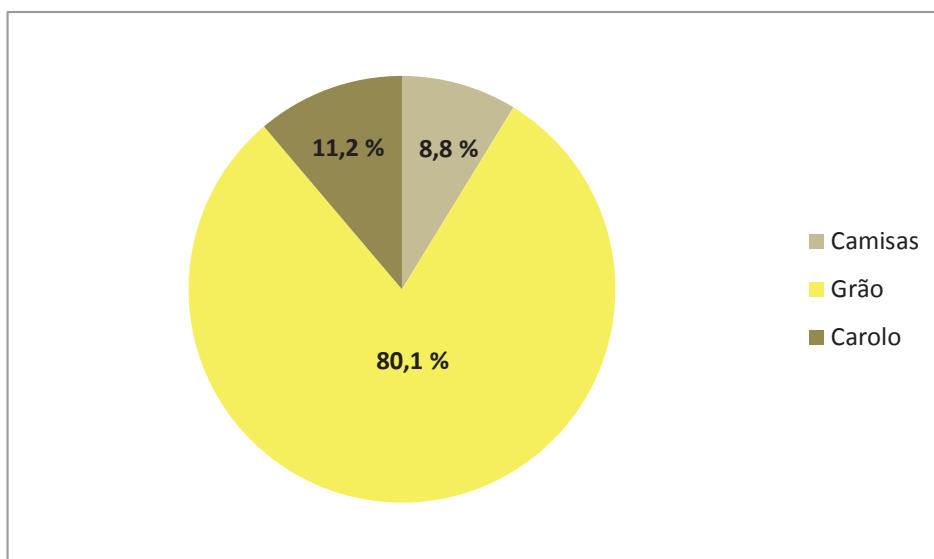


Figura 31 – Repartição da MS (%) pelos componentes da maçaroca.

No âmbito da % de MS associada à maçaroca os dados permitem concluir a superioridade de MS atribuída ao grão. Relativamente ao peso seco total da maçaroca, este é repartido percentualmente por 11,2% na forma de carolo, 8,8% na forma de camisas e 80,1% para o grão.

A análise dos dados, relativamente ao rácio peso seco médio da palha [154,8 g plt⁻¹ (\pm 13,9 g plt.⁻¹)], peso seco médio total da planta [342,5 g plt.⁻¹ (\pm 24,9 g plt.⁻¹)] é da ordem de 0,45, isto é, a palha corresponde a 45% da matéria seca total da planta. Este valor aproxima-se do valor referido por AVILA-SEGURA *et al.* (2011), para o qual o valor da palha correspondeu a 43% da biomassa disponível acima do solo.

O peso seco total da planta é repartido, percentualmente, por 54,8% (\pm 1,8%) na forma de grãos e 45,2% (\pm 1,8%) na forma de palha. Estes resultados aproximam-se dos valores de referência indicados no Quadro 1, da pesquisa bibliográfica

(AVILA-SEGURA *et al.*, 2011).

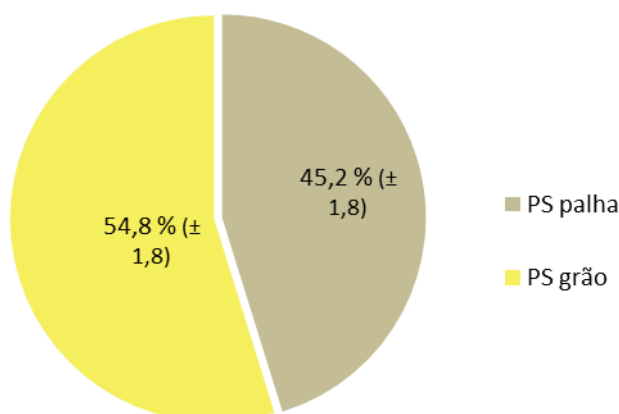


Figura 32 – Repartição percentual da matéria seca total da palha vs. matéria seca total do grão.

4.3. PESO DE MIL GRÃOS (PMG)

O peso de mil grãos (PMG) constitui uma componente da produtividade, juntamente com o número de grãos por unidade de superfície (m^2). No Quadro 9 apresentam-se os valores médios de PMG alcançados por planta e o valor médio dos 6 campos amostrados. O valor médio dos 6 locais foi de 360 g ($\pm 36,2$).

Quadro 9 – Peso de mil grãos (PMG)

	PMG (g plt ⁻¹)
L 1	383 (± 31)
L 2	335 (± 48)
L 3	332 ($\pm 33,7$)
L 4	369 ($\pm 20,3$)
L 5	355 ($\pm 33,1$)
L 6	385 ($\pm 50,8$)
Média	360
DP	23,1
IC	36,2

DP – Desvio padrão
IC – Intervalo de confiança

Considerou-se o PMG médio total da planta como um valor que indica uma boa formação e consistência dos grãos de milho, denotando uma qualidade média/alta de acordo com o definido como indicador de elevada qualidade na ordem de valor superior a 390 g PMG (SYNGENTA, 2013).

Pela observação do gráfico da Figura 33 é possível verificar através dos intervalos de confiança, que não se registaram grandes diferenças em relação a este parâmetro da produtividade.

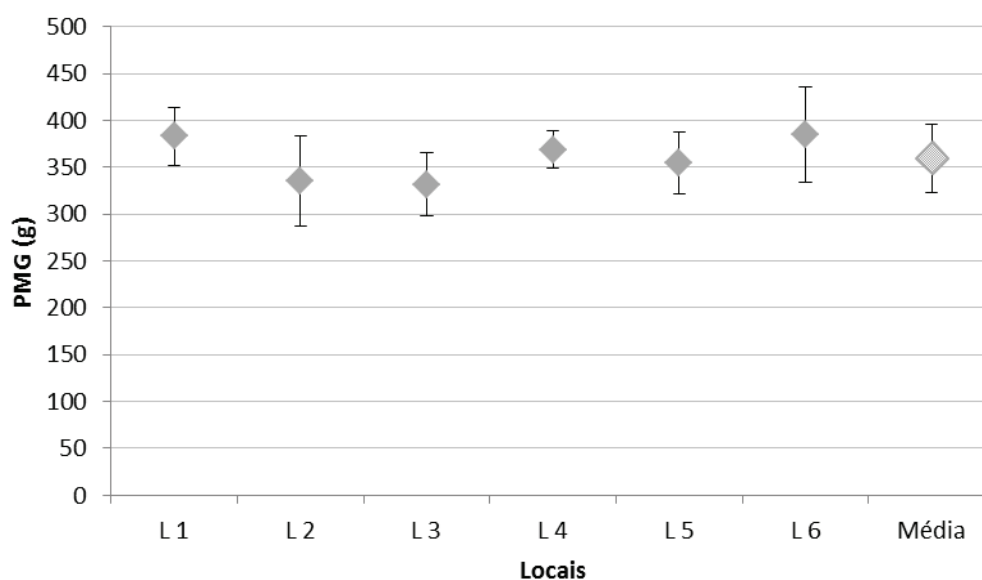


Figura 33 – Peso de mil grãos (PMG) médio avaliado por planta e média dos 6 locais..

4.4. AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO PRODUTIVA

Entende-se por população produtiva o número de plantas à altura da colheita que venha a garantir a máxima produtividade. O conhecimento da população produtiva serve de base para o cálculo da população potencial, isto é, número de

sementes a colocar no solo para que, depois de descontadas as perdas ocorridas entre a sementeira e a colheita, se alcance a produção produtiva. Contudo, neste trabalho o conhecimento da população produtiva foi efetuado de forma a se poder extrapolar os dados da biomassa recolhida, numa base de planta, para uma base de superfície (Quadro 10 e Figura 34).

Quadro 10 – População produtiva média avaliada por hectare.

Nº Plantas médio /2m	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Média
Média	12,5	11,6	12,1	12,1	11,9	12,3	12,1
DP	1,0	1,4	1,0	1,0	0,9	0,7	1,0
IC	1,1	0,8	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7
População Produtiva Média (Nº plantas ha ⁻¹)	83 333	77 222	80 606	80 556	79 333	81 667	80 453
IC	7544	5201	3940	3758	3303	3267	4502
Média+IC	90877	82424	84546	84313	82636	84933	84955
Média-IC	75789	72021	76666	76798	76031	78400	75951

DP – Desvio padrão; IC – Intervalo de confiança

Foi avaliada uma população produtiva média de 80 453 plantas ha⁻¹ com um intervalo de confiança de $\pm 4 502$ plantas ha⁻¹.

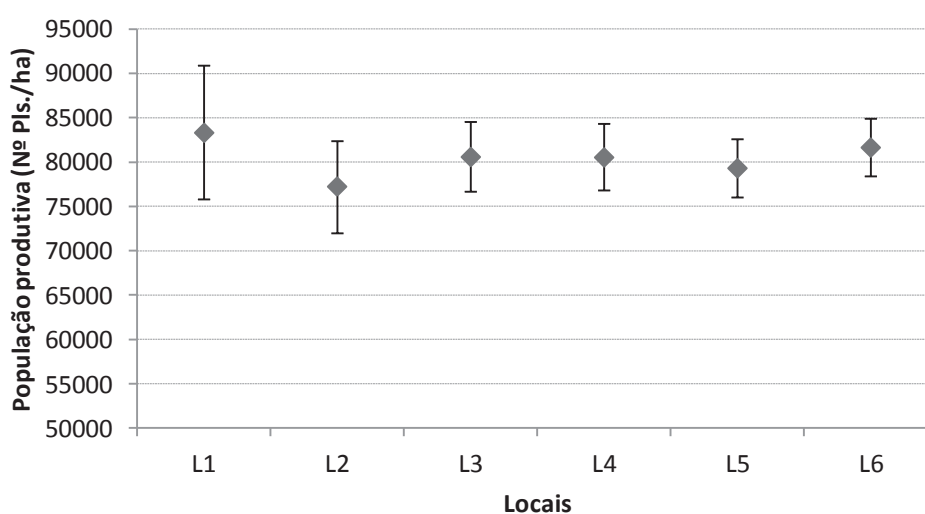


Figura 34 – População produtiva média por planta.

4.5. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA (MS) E REPARTIÇÃO PELOS DIFERENTES COMPONENTES DA PLANTA POR HECTARE

No Quadro 11, apresentam-se os valores médios da matéria seca de cada componente da planta (folhas, caules, maçaroca, espiga, camisas, carolo e grão) bem como, da matéria seca total e da palha por hectare. Os valores apresentados foram obtidos com base nos valores da matéria seca médio de cada componente da planta e da população produtiva, extrapolando-se os valores para o hectare.

Quadro 11 – Estimativa da matéria seca dos componentes da planta (folhas, caule, maçaroca, espiga, camisas, carolo, grão) e do total da planta e da palha por hectare (kg.ha⁻¹).

Locais	Componentes da planta (MS Kg ha ⁻¹)								
	Folhas	Caule	Maçaroca	Espiga	Camisas	Carolo	Grão	PS total	PS palha
L1	2319	6107	21023	19135	1888	2365	16769	29448	12679
L2	2692	7145	20895	18717	2178	2539	16178	30731	14553
L3	2499	6404	17566	16100	1466	1875	14225	26470	12245
L4	2457	5841	16419	15218	1201	2160	13059	24717	11658
L5	2568	5824	17803	16219	1584	1976	14243	26195	11952
L6	2454	5696	19485	17830	1655	1740	16090	27636	11546
Peso Seco médio por local	2502	6180	18874	17209	1665	2112	15097	27557	12460

A análise do Quadro 11 permite-nos estimar, considerando que permanece válida a análise de variância dos valores do peso seco total por planta, efetuada no capítulo 4.1, que prova que não existe diferenças significativas entre os campos amostrados, que a região apresentaria um potencial médio para a produção de matéria seca de palha de, aproximadamente, 12,4 t ha⁻¹. Será de realçar, também, que o potencial produtivo para o carolo seria de cerca de 2,1 t ha⁻¹ de matéria seca e para o carolo e camisas de 3,8 t ha⁻¹, aproximadamente. Estes valores situam-se bastante acima, comparativamente aos referenciados por AVILA-SEGURA *et al.*, 2011 (7,2 t ha⁻¹ para a palha e 1,2 t ha⁻¹ para o carolo).

Uma possível explicação para esta diferença poderá residir na tecnologia de produção (milho de regadio e maior intensidade de fertilização) bem como nas condições climáticas (temperatura e radiação) que permitirão alcançar maiores produtividades de biomassa no nosso país comparativamente às alcançadas nos Estados Unidos. Considerando que o equivalente energético de 1t MS de palha corresponde a 16,5 GJ, então o potencial de produção energética por hectare na região em estudo seria de 204,6 GJ ha⁻¹. Para uma superfície média de cultivo na região LVT de 20 000 ha, estima-se um potencial de 248 000 t MS de palha, podendo alcançar 347 200 t MS, considerando a área do ano de 2013 (28 000 ha). Em conformidade, o valor energético total absoluto estimado seria de 4 092 000 GJ, para uma área média de 20 000 ha e de 5 728 800 GJ, considerando a área de 2013, respetivamente.

4.6. ÍNDICE DE COLHEITA

O índice de colheita é definido como o rácio entre a matéria seca da produção economicamente útil (grãos de milho) e a matéria seca total de biomassa. Considera-se assim, a determinação do IC médio por planta/local e valor médio IC das médias de cada planta (Quadro 12).

Quadro 12 – Avaliação do Índice de Colheita.

ÍNDICE DE COLHEITA (\pm IC)	
L1	0,57 (\pm 0,02)
L2	0,52 (\pm 0,05)
L3	0,53 (\pm 0,02)
L4	0,53 (\pm 0,01)
L5	0,54 (\pm 0,04)
L6	0,58 (\pm 0,01)
Média	0,55 (\pm 0,02)

IC – Intervalo de confiança para um valor de α de 5%.

O valor médio IC obtido para a média dos 6 campos foi de 0,55 ($\pm 0,02$), estando enquadrado no intervalo padrão de acordo com referências bibliográficas.

4.7. AVALIAÇÃO DO TEOR DE NUTRIENTES DOS COMPONENTES DA PLANTA

Foram avaliados os teores dos principais macronutrientes (N, P, K) e alguns secundários (Ca, Mg), através da análise de tecidos, efetuada nos diferentes componentes da planta (Quadro 13).

Quadro 13 – Teor de nutrientes na matéria seca dos diferentes componentes da planta do milho.

Componentes	Nutrientes (%)				
	Azoto N	Fósforo P	Potássio K	Cálcio Ca	Magnésio Mg
Folhas	1,44 ($\pm 0,66$)*	0,32 ($\pm 0,14$)	0,59 ($\pm 0,33$)	0,85 ($\pm 0,31$)	0,25 ($\pm 0,07$)
Caules	0,69 ($\pm 0,34$)	0,20 ($\pm 0,12$)	1,00 ($\pm 0,36$)	0,26 ($\pm 0,16$)	0,14 ($\pm 0,08$)
Camisas	0,70 ($\pm 0,07$)	0,12 ($\pm 0,01$)	0,85 ($\pm 0,32$)	0,11 ($\pm 0,07$)	0,05 ($\pm 0,05$)
Carolo	0,38 ($\pm 0,14$)	0,09 ($\pm 0,08$)	0,62 ($\pm 0,22$)	nd	nd
Grão	1,69 ($\pm 0,07$)	0,14 ($\pm 0,10$)	0,36 ($\pm 0,03$)	0,01 ($\pm 0,01$)	0,06 ($\pm 0,01$)

* Entre parêntesis é indicado o intervalo de confiança dos valores médios para um valor de α de 5%.

** nd – Não determinado.

A análise dos resultados indica que o Azoto (N) apresenta um teor mais elevado nos componentes da planta, tais como o grão, folhas e caules, observando-se nestes dois últimos componentes intervalos de confiança maiores. O carolo apresenta, relativamente aos restantes componentes da planta, um teor mais baixo de macronutrientes principais. De forma geral, os teores de N apurados para a planta são superiores aos valores de referência da pesquisa, o que estará

intrinsecamente ligado à aplicação de fertilização azotada adotada nas plantas em estudo. Relativamente ao Fósforo (P), verifica-se um maior teor deste nutriente nas folhas e caules e com teor menos significativo no carolo. O teor de P no grão reflete alguma importância no intervalo de confiança calculado. Igualmente para os valores de P nas plantas em estudo, se verificam teores bastante elevados quando comparados com os valores de referência, com exceção do teor de P no grão que representa quase metade do valor de referência. Existiu uma maior absorção de P pelas componentes da palha nas plantas em análise.

Quanto ao teor de Potássio (K), observa-se que este nutriente se encontra em maior percentagem nas folhas e camisas, em geral, apresentando um teor mais reduzido na componente grão. O teor de K, nas folhas, caules e camisas das plantas é consideravelmente superior ao indicado nos valores de referência, mesmo considerando os intervalos de confiança determinados. O teor de K no grão é similar ao valor de referência. Já o teor deste nutriente no carolo é muito aproximado do valor indicado na pesquisa bibliográfica, contudo apresenta um intervalo de confiança mais lato.

O teor de Cálcio (Ca) encontra-se concentrado nas componentes folhas, caules e camisas da planta, manifestando teores residuais no grão e carolo. O teor deste nutriente nas componentes da planta folhas, caules e camisas é consideravelmente superior ao valor de referência verificado. No entanto, os valores indicativos coincidem com os valores residuais nos restantes componentes, grão e carolo.

Quanto ao Magnésio (Mg), observa-se uma maior concentração deste nutriente nas folhas e caules, sendo evidentes teores residuais nas camisas e grão. Os valores de referência indicam que o teor deste nutriente nas folhas, caules e

camisas da planta é consideravelmente superior. Quanto ao carolo, na pesquisa é referido um valor residual, contudo para a componente do grão, é indicado um teor de cerca do dobro do que o verificado na planta.

4.8. AVALIAÇÃO DA TAXA DE EXPORTAÇÃO E RESTITUIÇÃO DOS PRINCIPAIS NUTRIENTES EM FUNÇÃO DOS ITINERÁRIOS

No Quadro 14, estão indicados os valores de exportações dos principais macronutrientes aferidos para cada componente da planta. Estes valores foram estimados com base no teor de nutrientes na matéria seca de cada componente da planta e do valor da produção de matéria seca por hectare.

Quadro 14 – Exportações dos principais macronutrientes nas componentes da planta.

	Folhas	Caule	Camisas	Carolo	Grão
	Kg ha ⁻¹				
Azoto (N)	35,9 (± 1,4)*	42,7 (± 3,0)	11,5 (± 1,9)	8,0 (± 0,9)	255,1 (± 19,7)
Fósforo (P)	8,0 (± 0,3)	12,3 (± 0,9)	2,0 (± 0,3)	1,9 (± 0,2)	21,1 (± 1,6)
Potássio (K)	14,7 (± 0,6)	61,7 (± 4,3)	14,1 (± 2,3)	13,1 (± 1,5)	54,3 (± 4,2)
Cálcio (Ca)	21,2 (± 0,9)	16 (± 1,1)	1,8 (± 0,3)	nd	1,5 (± 0,1)
Magnésio (Mg)	6,2 (± 0,3)	8,6 (± 0,6)	0,8 (± 0,1)	nd	9,1 (± 0,7)

* Entre parêntesis é indicado o intervalo de confiança dos valores médios para um valor de α de 5%.

** nd – Não determinado.

Verifica-se um maior potencial de exportação de N associado aos grãos de milho (255,1±19,7 Kg ha⁻¹). Relativamente aos componentes da palha, as exportações de N, nos caules e folhas, de 42,7± 3,0 e 35,9 ±1,4 Kg ha⁻¹, respetivamente,

representam 80% das exportações de N na palha de milho.

A exportação de P é aproximada nos grãos e no total de exportações pela palha.

Os valores de exportação de P, dentro dos componentes da palha, verificam-se com maior significado nos caules, com valor de $12,3 \pm 0,9 \text{ Kg ha}^{-1}$.

O maior potencial de exportação de K está associado à palha de milho ($103,6 \text{ Kg ha}^{-1}$), representando cerca de 70% das exportações deste nutriente pela planta.

No que diz respeito à exportação de Ca, esta dá-se essencialmente através da palha, não tendo um grande significado nos grãos. Este nutriente está associado às folhas e caules ($21,2 \pm 0,9$ e $16 \pm 1,1 \text{ Kg ha}^{-1}$), não se verificando qualquer exportação de Ca associada ao carolo de milho.

A remoção total da palha representa uma exportação de Mg mais significativa relativamente à exportação desse nutriente nos grãos. A exportação de Mg na palha representa $15,6 \text{ Kg ha}^{-1}$, cerca de 63% da exportação deste nutriente na planta. Não foi verificada à semelhança do Ca, qualquer exportação de Mg associada ao carolo de milho.

Ainda neste âmbito, foi feita a avaliação da taxa de exportação – restituição dos nutrientes em função dos itinerários previstos neste trabalho (subcapítulo 2.2.6), para diferentes aproveitamentos da palha e seus componentes para bioenergia.

4.8.1. Avaliação das exportações vs. restituições para um aproveitamento total da palha de milho

No primeiro itinerário, em que foi considerado o aproveitamento total da palha para bioenergia, as exportações dos principais macronutrientes, avaliados neste trabalho, são apresentadas na Figura 35.

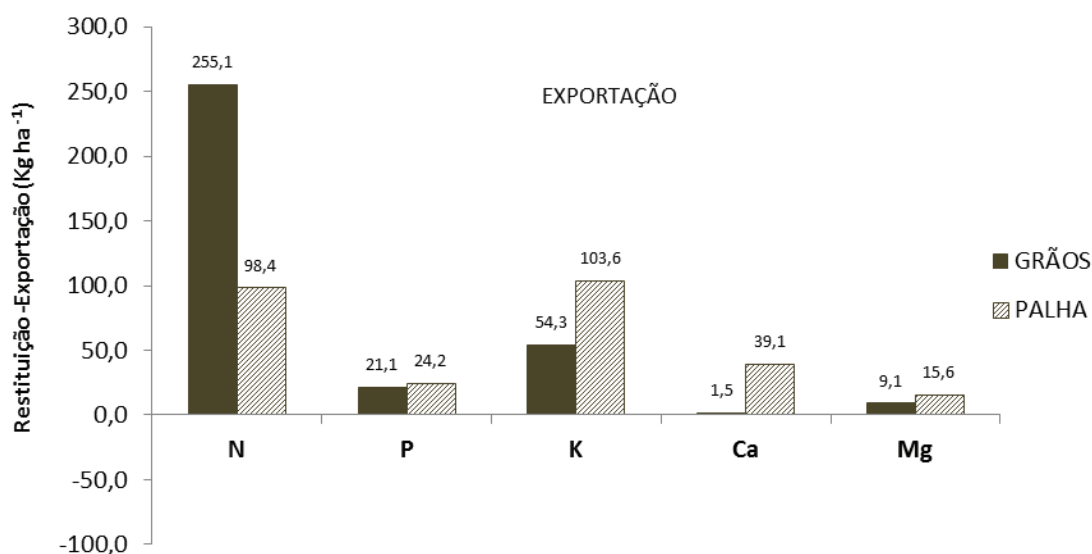


Figura 35 – Avaliação das exportações – restituições dos principais macronutrientes no itinerário de aproveitamento total da palha de milho.

Neste tipo de itinerário, consideram-se as exportações de nutrientes dos grãos e da palha com taxas próximas de 100%, sendo consideradas as restituições de nutrientes pelas plantas, como residuais. Para além da exportação de nutrientes nos grãos, previstas no sistema de cultura de milho grão, verificam-se exportações na palha de 98,4 Kg N ha⁻¹, 24,2 Kg P ha⁻¹, 103,6 Kg K ha⁻¹, 39,1 Kg Ca ha⁻¹ e 15,6 Kg Mg ha⁻¹.

De acordo com a pesquisa (AVILA-SEGURA *et al.*, 2011), o maior potencial de exportação dos macronutrientes P, K, Ca e Mg, está associado às componentes da palha, com exceção do N. Os nutrientes K e Ca, encontram-se maioritariamente associados às folhas, caules e cascas do milho e não à espiga. Relativamente à exportação de Ca, inerente à alcalinidade orgânica, expressa em termos de equivalentes de carbonato de cálcio, é demonstrado o seu peso em termos de exportação associado à palha.

Neste itinerário, é sem dúvida importante realçar o que já foi referido na pesquisa bibliográfica que para além da evidente exportação de NPK, e consequente necessidade de reposição dos mesmos através de planos de fertilização adequados, o efeito de acidificação de remoção de biomassa, embora não seja um importante fator económico, requer o aumento da aplicação de calcário e aumenta os custos de substituição de fertilizantes.

4.8.2. Avaliação das exportações vs. restituições para aproveitamento do carolo e camisas do milho, resíduos de debulha da maçaroca.

No segundo itinerário, em que foi considerado o aproveitamento dos resíduos resultantes da debulha da maçaroca (camisas e carolo) para bioenergia, as exportações e restituições dos principais macronutrientes, avaliados neste trabalho, são apresentadas na Figura 36.

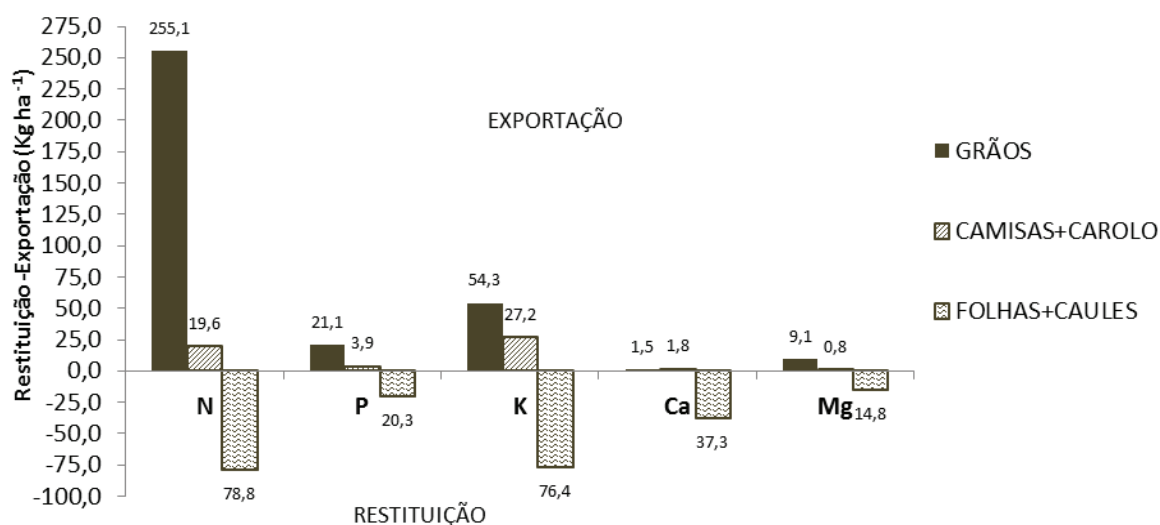


Figura 36 – Avaliação das exportações – restituições dos principais macronutrientes no itinerário de aproveitamento de camisas e carolo de milho.

Para além da exportação de nutrientes nos grãos, previstas no sistema de cultura de milho grão, verificam-se exportações pelos componentes camisas e carolo de 19,6 Kg N ha⁻¹, 3,9 Kg P ha⁻¹, 27,2 Kg K ha⁻¹, 1,8 Kg Ca ha⁻¹ e 0,8 Kg Mg ha⁻¹.

Em termos de restituição dos nutrientes observa-se a supremacia de valores associados às folhas e caules a permanecer no solo na ordem de 78,8 Kg N ha⁻¹, 20,3 Kg P ha⁻¹, 76,4 Kg K ha⁻¹, 37,3 Kg Ca ha⁻¹ e 14,8 Kg Mg ha⁻¹.

Assim, os resultados são indicadores que as espigas de milho podem ser removidas com um impacto mínimo sobre a erosão do solo, pela menor exportação de matéria orgânica, e estado nutricional do mesmo, menor exportação de nutrientes.

4.8.3. Avaliação das exportações vs. restituições para aproveitamento do carolo.

No terceiro itinerário, em que foi considerado o aproveitamento somente do carolo para bioenergia, as exportações e restituições dos principais macronutrientes, avaliados neste trabalho, são apresentadas na Figura 37.

Neste itinerário é evidente uma favorável não exportação de Ca e Mg, não estando estes nutrientes associados ao carolo.



Figura 37 – Avaliação das exportações – restituições dos principais macronutrientes no itinerário de aproveitamento do carolo de milho.

As exportações associadas ao carolo em termos de nutrientes N,P e K são de 8,0 Kg N ha⁻¹, 1,9 Kg P ha⁻¹ e 13,1 Kg K ha⁻¹. Estes valores são considerados muito reduzidas.

Os resultados corroboram o referido por AVILA-SEGURA *et al.* (2011), que considera a remoção do carolo, uma opção viável para a produção de matéria-prima de biocombustíveis, sem afetar muito o potencial de perda de solo por erosão ou custos de fertilização acrescidos por exportação de nutrientes.

5. CONCLUSÕES

O aproveitamento da palha de milho disponível nos sistemas de cultivo da região, como uma forma de biomassa para bioenergia, pode ser considerado como um recurso viável desde que utilizado de forma sustentável e de modo a não contribuir para impactos ambientais negativos a médio-longo prazo sobre os recursos naturais.

A obtenção de dados com base num único ano agrícola é manifestamente insuficiente; no entanto, é possível retirar como conclusões deste trabalho:

- O potencial de produção de matéria seca de palha de milho por hectare nos sistemas de cultivo representativos da região é de 12,4 t MS ha⁻¹;
- Para uma superfície de cultivo na região LVT de 28 000 ha (IFAP, 2013), estimamos uma disponibilidade potencial de 347 200 t MS a⁻¹ fornecida pela palha;
- Considerando um equivalente energético de 16,5 GJ t⁻¹ de MS para a palha de milho, e para uma superfície de cultivo na região LVT de 28 000 ha (IFAP, 2013), estima-se uma disponibilidade potencial de 5 728 800 GJ;
- Em média, a matéria seca da palha representa 45% do total da matéria seca da planta; representando as folhas 9,1%; os caules 22,4%; as camisas 6%; o carolo 7,7%;
- Dos itinerários tecnológicos de recolha e transporte da palha de milho considerados, a recolha total de palha apresenta custos avultados, em termos de exportação de nutrientes e de matéria orgânica;
- Os menores impactos em termos de exportação de nutrientes e maiores restituições de matéria orgânica ao solo são alcançados nas tecnologias com

aproveitamento do carolo e camisas, ou só do carolo;

- O aproveitamento do carolo traduz-se em vantagens, em relação aos outros componentes da planta, devido ao processo de colheita, transporte e acondicionamento: permite um momento de recolha em tempo útil de colheita, teores de humidade mais baixos, utilização da mesma passagem da ceifeira-debulhadora, mais fácil acondicionamento e transporte até ao centro de consumo.
- Neste estudo foi possível avaliar a produção de matéria seca do carolo dos sistemas de produção de milho de regadio da região LVT em cerca de $2,1 \text{ t ha}^{-1}$, com um reduzido impacto em termos de exportação de nutrientes;
- As exportações associadas ao carolo em termos de nutrientes N,P e K são de $8,0 \text{ Kg N ha}^{-1}$; $1,9 \text{ Kg P ha}^{-1}$ e $13,1 \text{ Kg K ha}^{-1}$;
- Relativamente à energia do carolo, considerando o mesmo equivalente energético, estimamos um potencial de $34,7 \text{ GJ ha}^{-1}$; para uma superfície de cultivo na região LVT de 28 000 ha (IFAP, 2013), estimamos uma disponibilidade potencial de 971 600 GJ.

As potenciais consequências agronómicas, referidas por TYNDALL *et al.* (2010), como a perda de MO no solo, diminuição da sua estrutura/estabilidade, redução do teor de humidade do solo e remoção de nutrientes disponíveis para as culturas, merecem ser estudadas para a região LVT, de forma a existir disponibilidade de dados que permitam encarar um aproveitamento sustentável desta potencial fonte de biomassa para bioenergia.

A maioria dos autores defende a utilização da palha de milho de forma sustentável, com uma preocupação primária sobre a erosão do solo. A recolha de toda palha poderá ter impactos a médio-longo prazo sobre a estabilidade da

estrutura do recurso solo. Pela pesquisa efetuada, consideramos no caso de aproveitamento de todos os componentes da palha, ser recomendável uma remoção parcial ao invés da remoção total da palha de milho do solo.

6. BIBLIOGRAFIA

- ABENGOA BIOENERGIA. Última atualização 2011. Disponível em: <http://www.abengoabioenergy.com>. Consulta efetuada em 20 de outubro de 2012.
- ANPROMIS. Associação Nacional dos Produtores de Milho e Sorgo. 2012. *Área de milho aumenta em Portugal e confirma tendência do último ano*. Boletim Informação nº 5. julho 2012.
- ANPROMIS. Última actualização 2013. Disponível em: <http://www.anpromis.pt>. Consulta efectuada em 28 de dezembro de 2012.
- AVILA-SEGURA, M.; BARAK, P.; HEDTCKE, J. L.; POSNER, J. L.. 2011. *Nutrient and alkalinity removal by corn grain, stover and cob harvest in Upper Midwest USA*. Science Direct. Biomass and Bioenergy 35 (2011) 1190 - 1195.
- AVILLEZ, F.; JORGE, M. N.; MONTES, D.; BRANDÃO, A. P.; CAMPILHO, P. 2009. *Sustentabilidade da produção de bioetanol em Portugal*. AgroGés, março de 2009.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G..2014. A Cultura de Milho. Universidade de Évora. Departamento de Fitotecnia. Évora 2014.
- BEALL, E.; CADONI, P.; ROSSI, A. 2012. *A compilation of Tools and Methodologies to Assess the Sustainability of Modern Bioenergy*. FAO - Bioenergy and Food Security Criteria and Indicators Project (BEFSCI). Environment and Natural Resources working Paper. Nº 51 – FAO, Rome, 2012.

Disponível em: <http://www.fao.org>. Consulta efetuada em 13 de novembro de 2012.

- BIANCHI-DE-AGUIAR, F.; PEREIRA, H. 2010. Biocombustíveis em Portugal, Que Futuro? Workshop Internacional. As biorrefinarias de biomassa para biocombustíveis: Sustentabilidade e importância socio-económica. LNEG, 29 de Setembro de 2010.
- BLANCO-CANQUI, H., LAL, R., 2009. *Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality*. Critical Reviews in Plant Sciences 28, 139 – 163.
- BOEHMEL, C.; LEWANDOWSKI, I.; CLAUPEIN, W.. 2007. *Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities*. Science Direct. Agricultural Systems 96 (2008) 224 – 236. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Consulta efetuada em 29-05-2014.
- BRITO PAES, V. M. T.. 2011. Análise da variabilidade espaço-temporal da produtividade de milho numa parcela na região da Golegã. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. ISA.UTL. Lisboa 2011.
- CARPITA, N. C.; MCCANN, M. C..2008. *Maize and Sorghum: genetic resources for bioenergy grasses*. Cell Press. Trends in Plant Science. Vol. 13 No 8.
- CARRIQUIRY, M.A.; DU, X.; TIMILSINA, G. R.. 2011. *Second generation biofuels: Economics and policies*. Energy Policy 39 (2011) 4222-4234.

- CEC (Commission of the European Communities). 2006. An EU Strategy for Biofuels. COM (2006) 34 final, Brussels.
- COMISSÃO EUROPEIA. 2011. *As energias renováveis marcam a diferença*. Direcção-Geral da Energia. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2011. 23 p..
- CAP. Última atualização 2013. Disponível em: <http://www.cap.pt>. Consulta efetuada em 15 de janeiro de 2013.
- CONVERSOR DE MOEDA DO BANCO DE PORTUGAL. Última atualização 2014. Disponível em: <http://www.bportugal.pt>. Consulta efetuada em 7 de outubro de 2014.
- DIRETIVA 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009 relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis. *Jornal Oficial nº L 140 de 05/06/2009 p. 0016 – 0062*. Disponível em: <http://eur-lex.eu>. Consulta efetuada em 26 de outubro de 2012.
- DRAPLVT. 2013. *Relatório OP – Outros Setores Agrícolas e Pecuários, Triénio 2010-2012*. DRAPLVT - MAMAOT, dezembro de 2013.
- EBTP (European Biofuels Technology Platform). Última atualização: 17 de Setembro de 2014. Disponível em: <http://www.biofuelstp.eu>. Consulta efetuada em 20 de setembro de 2014.
- FAO. 2007. *Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers*. UN-Energy. Disponível em: <http://www.fao.org>. Consulta efetuada em 17 de

outubro de 2012.

- FAO. 2012. *Impacts of Bioenergy on Food Security - Guidance for Assessment and Response at National and Project Levels*. Environment and Natural Resources Working Paper N° 52 – FAO, Roma, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org>. Consulta efetuada em 17 de outubro de 2012.
- GARLOCK, R. J.; CHUNDAWAT, S. PS; BALAN, V.; DALE, B. E. 2009. *Optimizing harvest of corn stover fractions based on overall sugar yields following ammonia fiber expansion pretreatment and enzymatic hydrolysis*. *Biotechnology for Biofuels* 2009, 2:29.
- GPP/MADRP. 2007. As culturas energéticas no âmbito da Política Agrícola Nacional. Seminário “Culturas energéticas, biomassa e biocombustíveis”. Évora. Dez. 2007.
- GPP/MAM. 2013. Programa de Desenvolvimento Rural do Continente 2014-2020. Diagnóstico, versão de dezembro 2013.
- HAY, J.. 2010. *Crop Residue value as a biofuel*. Know How. Know How. University of Nebraska. Lincoln. Disponível em: <http://cropwatch.unl.edu/bioenergy/crop-residues>. Consulta em 10 de outubro de 2014.
- IFAP.2014. Estatísticas. Dados de Candidaturas 2013. Última atualização 29 de janeiro de 2014. Disponível em: <http://www.ifap.min-agricultura.pt>. Consulta efectuada em 30 de janeiro de 2014.

- INE. 2010. Recenseamento Agrícola 2009 (RA 09). 15 de dezembro de 2010.
- IEA. 2011. International Energy Agency. Statistics, 2011.
- IPMA. 2012. Boletim Climatológico Anual – 2012. Portugal Continental. Disponível em : www.ipma.pt. Consulta efetuada em 24 de agosto de 2014.
- KARLEN, D. L.; BIRELL, S. J.; HESS, J. R..2009. *A five-year assessment of corn stover harvest in central Iowa, USA*. Soil & Tillage Research 115–116 (2011) 47–55.
- LLACA, V.; CAMPBELL, M. A.; DESCHAMPS, S.. 2011. *Genome Diversity in Maize*. Journal of Botany. Volume 2011, Article ID 104172, 10 pages.
- MADRP. 2005. *Biomassa e Energias Renováveis na Agricultura, Pescas e Florestas*. Ponto da Situação, Junho de 2005. GP MADRP – Energias Alternativas.
- PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS. Última atualização 25-11-2012. Disponível em: <http://www.energiasrenovaveis.com>. Consulta efetuada em 10 de outubro de 2012.
- PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS. Última atualização 05-09-2014. Disponível em: <http://www.energiasrenovaveis.com>. Consulta efetuada em 21 de setembro de 2014.
- REIJNDERS, L., HUIJBREGTS, M. A. J. 2009. *Biofuels for Road Transport – A Seed to Wheel Perspective*. Springer, pp 1-35, pp 153-156.

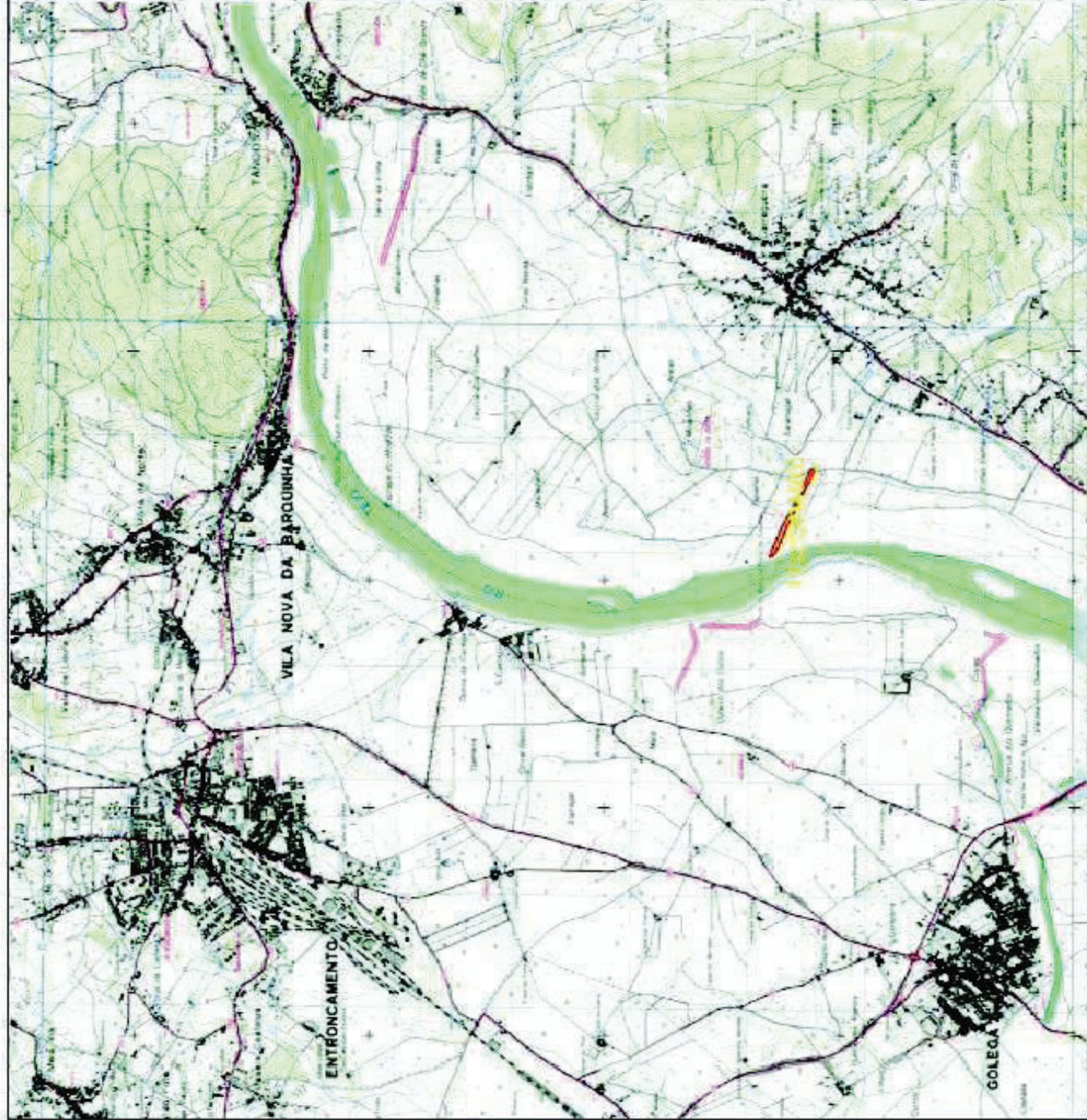
- SALLA, D. A.; FURLANETO, F. P.B.; CABELLO, C.; KANTHACK, R. A. D.. 2010. *Estudo energético da produção de biocombustível a partir de milho*. Ciência Rural. Disponível em: www.scielo.br. Consulta efetuada em 15-06-2014.
- SCARLAT, N.; MARTINOV, M.; DALLEMAND, J-F. 2010. “*Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use*”. Waste Management 30 (2010) 1889 – 1897.
- SIMS, R. E. H. 2002. *The Brilliance of Bioenergy. In Business and in Practice*. James & James (Science Publishers), pp 52-60.
- SYNGENTA C.P, Lda. 2013. Catálogo milho. Variedades de sementes. Lisboa.
- SOKHANSANJ, S.; TURHOLLOW, A.; CUSHMAN, J.; CUNDIFF, J.. 2002. *Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy*. Biomass and Bioenergy 23 (2002) 347 – 355.
- TAN, Z.; LIU S.; BLISS N.; TIESZEN, L. L.. 2012. Biomass and bioenergy XXX (2012) 1 e15.
- TYNDALL, J. C.; BERG, E. J.; COLLETTI, J.P..2010. *Corn stover as biofuel feedstock in Iowa’s bio-economy: An Iowa farmer survey*. Science Direct. Biomass and Bioenergy 35 (2011) pp. 1485-1495.
- YUAN, J. S.; TILLER, K. H.; AL-AHMAD, H.; STEWART, N. R.; STEWART JR, C. N.. 2008. *Plants to Power: bioenergy to fuel the future*. Cell Press. Trends in Plant Science, vol.13 No.8.

- ZABANIOTOU A.; IOANNIDOU O.. 2007. *Evaluation of utilization of corn stalks for energy and carbon material production by using rapid pyrolysis at high temperature*. Science Direct, Fuel 87 (2008) 834 - 843.

ANEXOS

A.1 – Mapas de localização campo

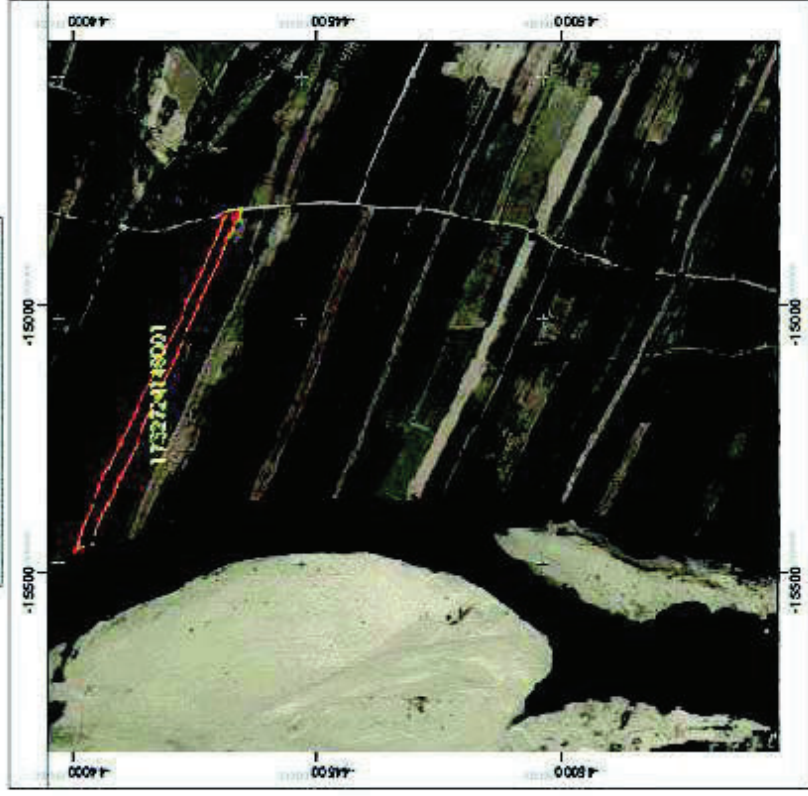
RECOLHA DE AMOSTRAS - GEOREFERENCIAÇÃO



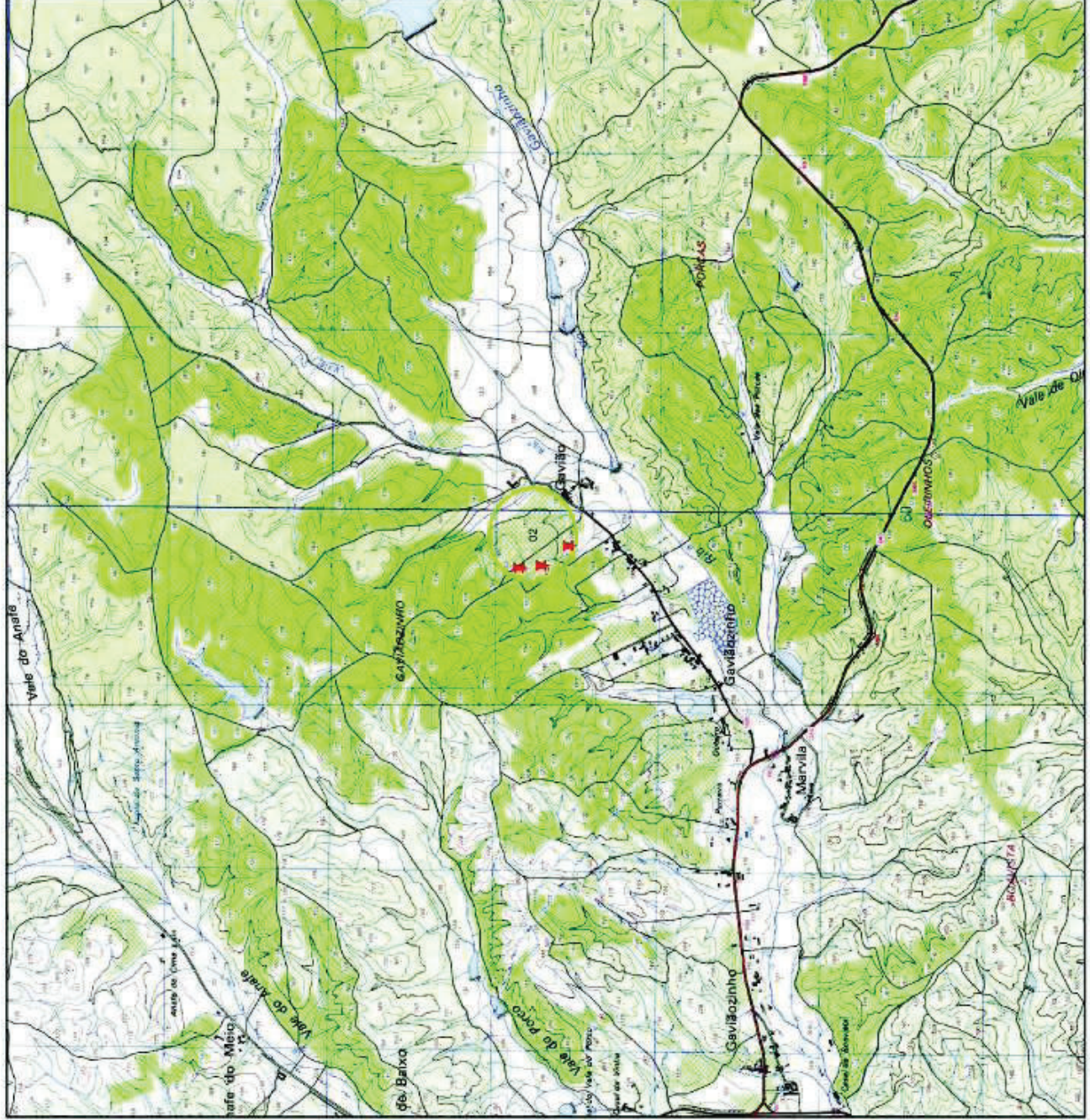
Local	Amostra	Conselho	Freguesia
.01	Aleatórias	Chamusca	Pinheiro Grande

Legenda	
	LOCALS_RECOLHA

PORMENOR - ORTOFOTOMAPA



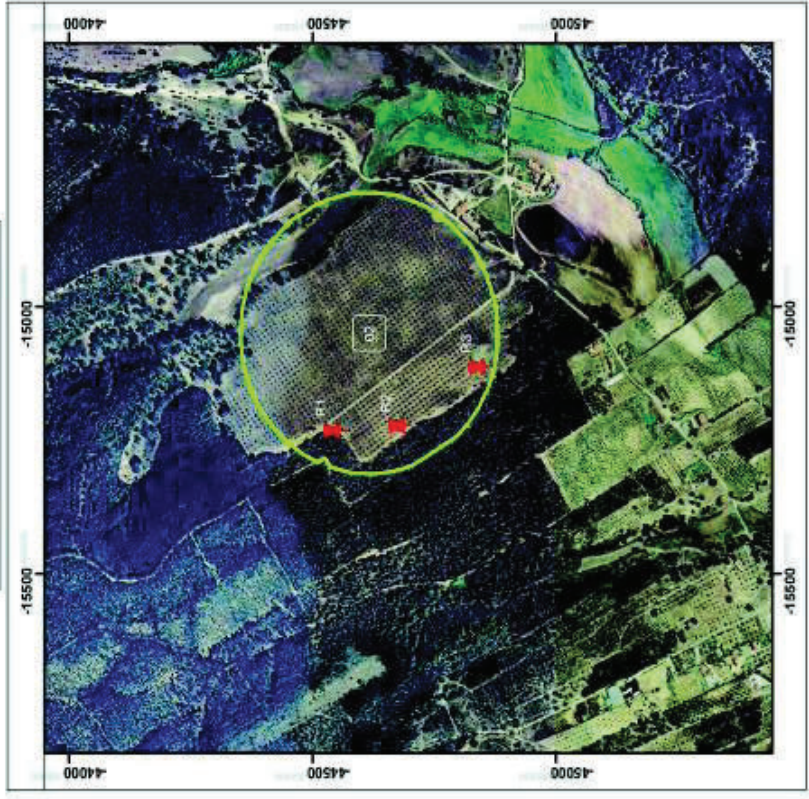
RECOLHA DE AMOSTRAS - GEOREFERENCIAÇÃO



Local Amostra	Coord_X_Y	Concelho	Freguesia
02 R1	-15231,005 -44542,978	Chamusca	Chouto
02 R3	-15109,446 -44850,032	Chamusca	Chouto
02 R2	-15220,186 -44678,167	Chamusca	Chouto



PORMENOR - ORTOFOTOMAPA



RECOLHA DE AMOSTRAS - GEOREFERENCIAÇÃO

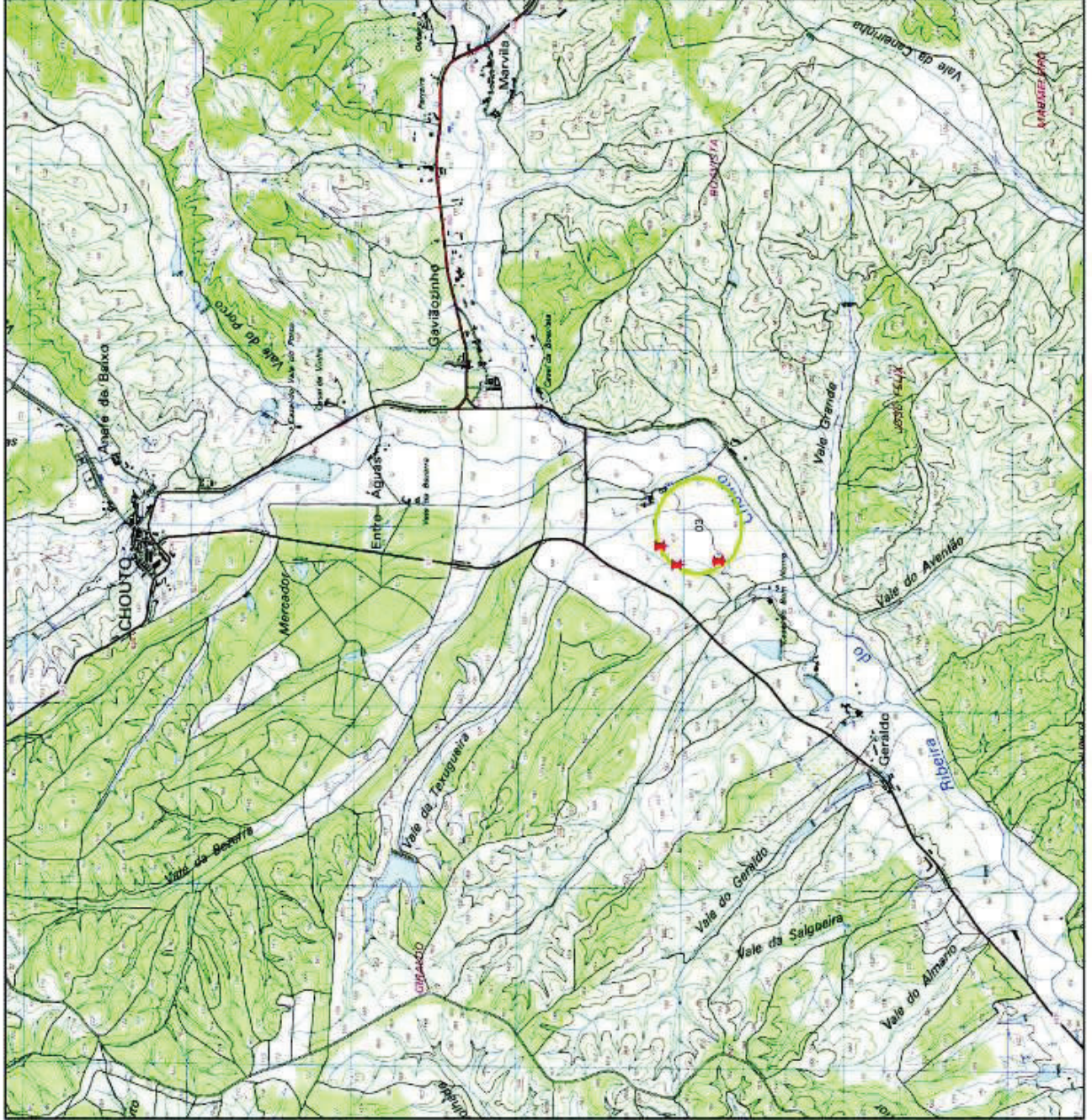
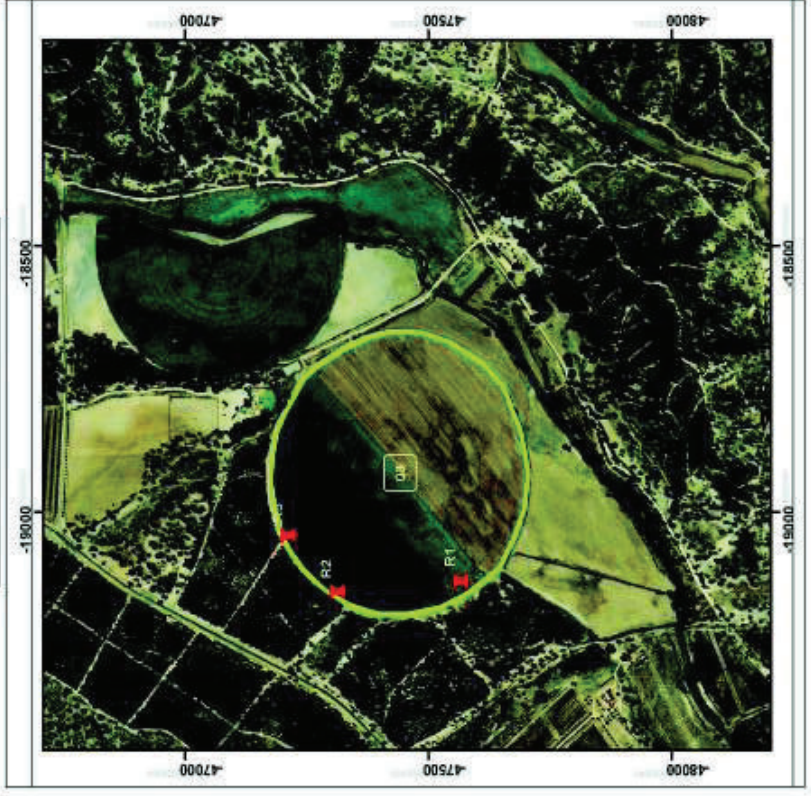


Local Amostra	Coord X_Y	Concelho	Freguesia
03 R3	-19043,110 -47221,274	Chamusca	Chouto
03 R2	-19146,711 -47319,746	Chamusca	Chouto
03 R1	-19128,829 -47574,576	Chamusca	Chouto

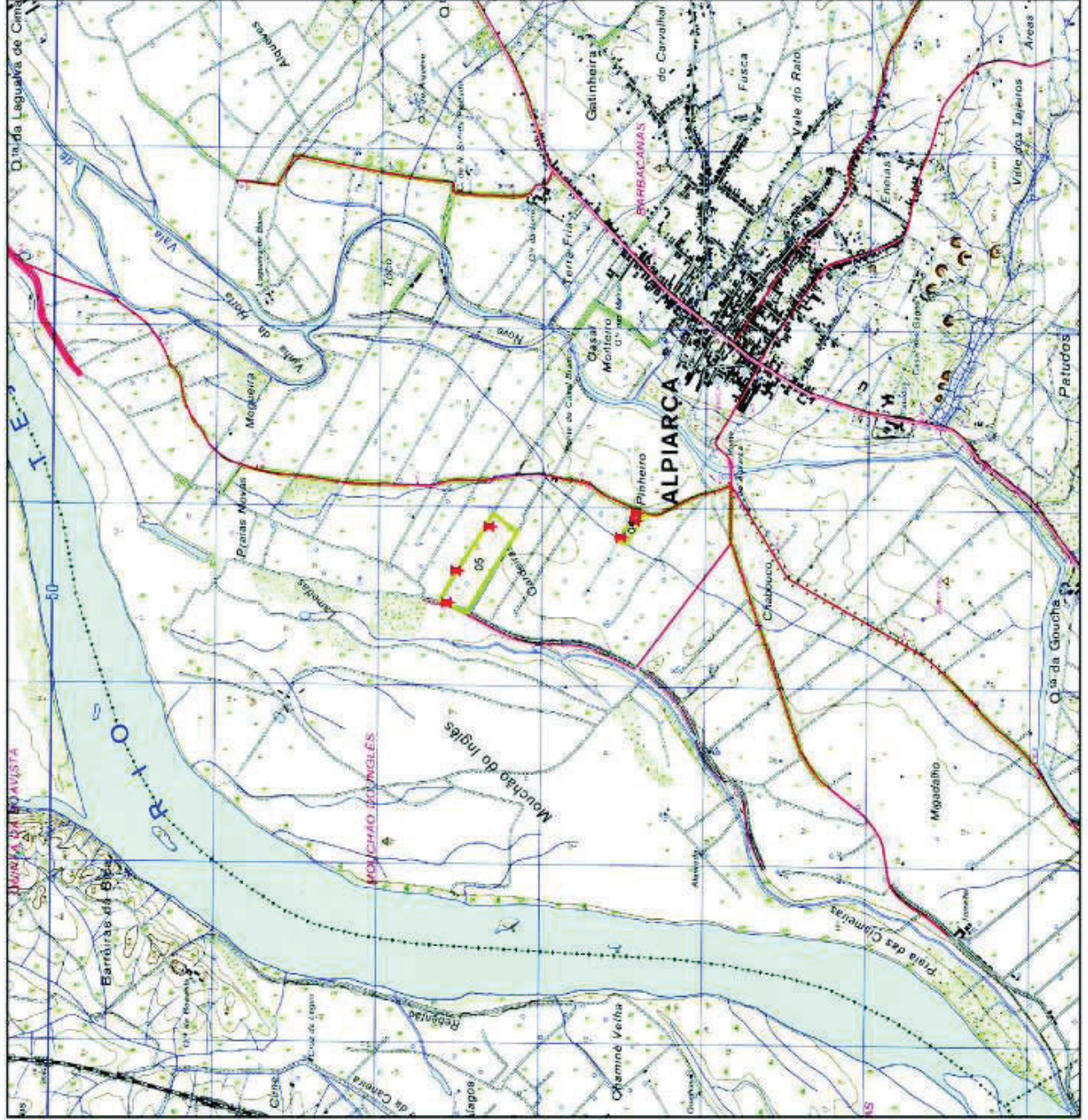
Legenda

- Localização_Colheitas
- LOCALS_RECOLHA

PORMENOR - ORTOFOTOMAPA



RECOLHA DE AMOSTRAS - GEOREFERENCIAÇÃO

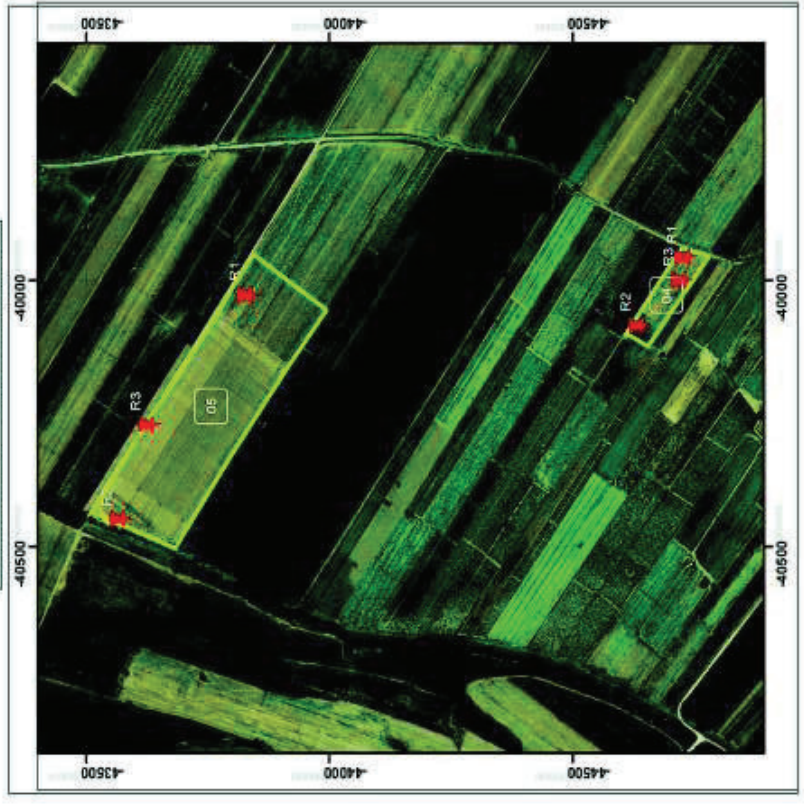


Local Amostra	Coord_X_Y	Concelho	Freguesia
04 R2	-40081,691 -44640,824	Alpiarça	Alpiarça
04 R3	-40000,665 -44729,357	Alpiarça	Alpiarça
04 R1	-39953,501 -44736,164	Alpiarça	Alpiarça
05 R2	-40446,071 -43574,453	Alpiarça	Alpiarça
05 R3	-40266,393 -43635,852	Alpiarça	Alpiarça
05 R1	-40022,083 -43838,243	Alpiarça	Alpiarça

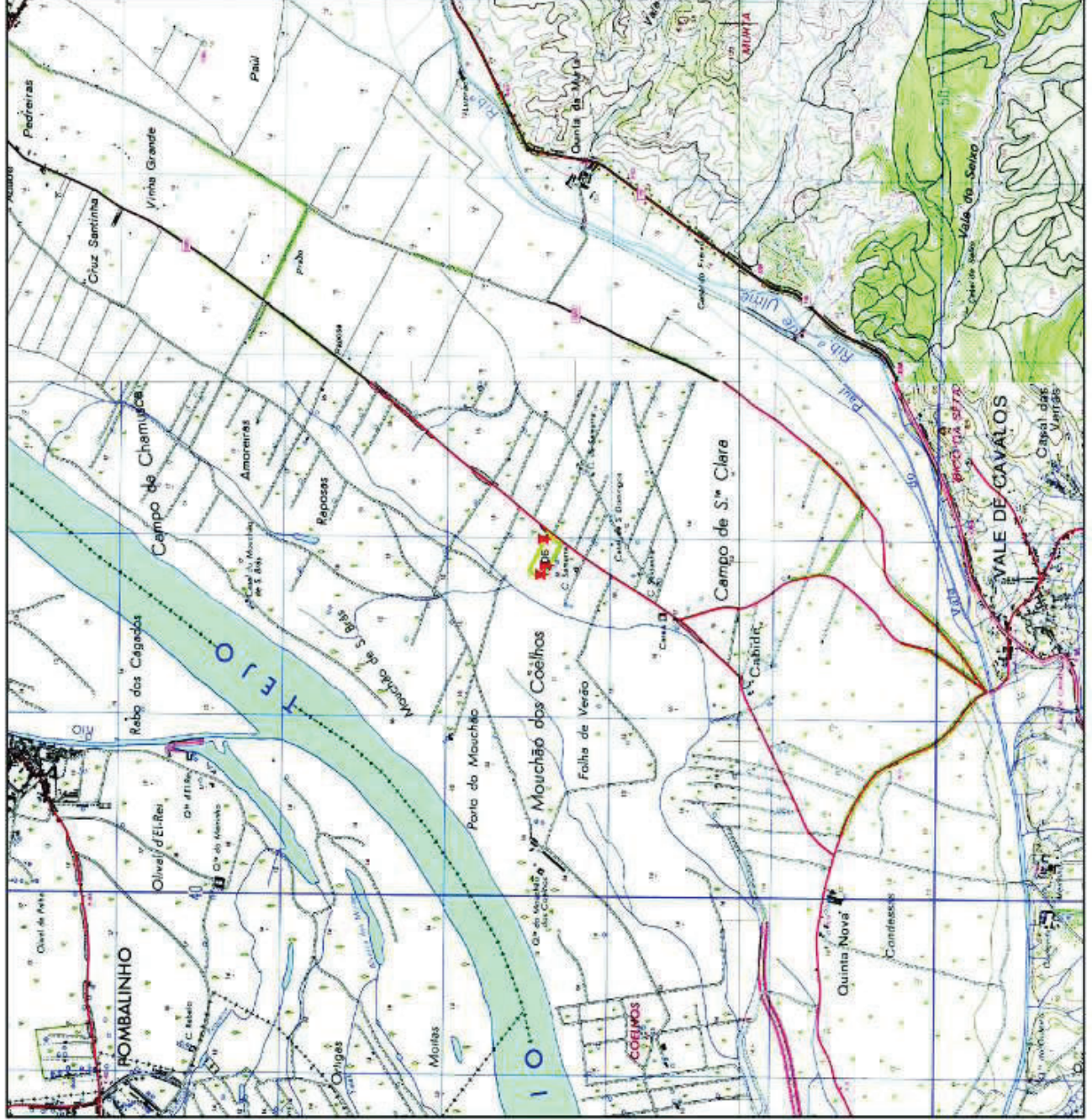
Legenda

- Localização_Colheitas (Red arrow)
- LOCALS_RECOLHA (Yellow rectangle)

PORMENOR - ORTOFOTOMAPA



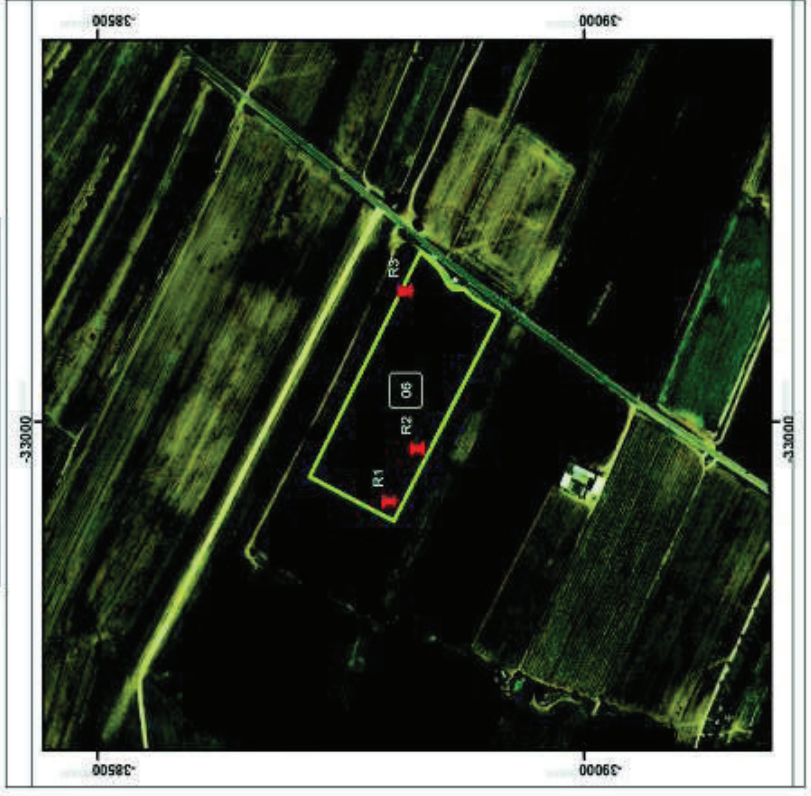
RECOLHA DE AMOSTRAS - GEOREFERENCIAÇÃO



Local Amostra	Coord. X_Y	Concelho	Freguesia
06 R1	-33077,930 -38813,271	Chamusca	Vale de Cavalos
06 R2	-33030,150 -38844,311	Chamusca	Vale de Cavalos
06 R3	-32871,101 -38822,043	Chamusca	Vale de Cavalos



PORMENOR - ORTOFOTOMAPA



A.2 – Análises de Solo Locais

Local 1

Textura de Campo	Grosseira	
		Muito baixo Baixo Médio Alto Muito Alto
pH (H2O)	6,6	Neutro
Matéria Orgânica (%)	0,9	●
Fósforo (ppm)	96	●
Potássio (ppm)	15	●
Calcário Total (%)	0	Não Calcário

LOCAL 2

Textura de Campo	Grosseira	
		Muito baixo Baixo Médio Alto Muito Alto
pH (H2O)	5,5	Ácido
Matéria Orgânica (%)	3,2	●
Fósforo (ppm)	59	●
Potássio (ppm)	41	●
Calcário Total (%)	0	Não Calcário

LOCAL 3 (3.1)

Textura de Campo	Grosseira	
		Muito baixo Baixo Médio Alto Muito Alto
pH (H2O)	6	Pouco Ácido
Matéria Orgânica (%)	1,7	●
Fósforo (ppm)	169	●
Potássio (ppm)	13	●
Calcário Total (%)	0	Não Calcário

LOCAL 3 (3.2)

Textura de Campo	Grosseira	
		Muito baixo Baixo Médio Alto Muito Alto
pH (H2O)	5,2	Ácido
Matéria Orgânica (%)	1,9	●
Fósforo (ppm)	115	●
Potássio (ppm)	61	●
Calcário Total (%)	0	Não Calcário

LOCAL 4

Textura de Campo	Fina	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
pH (H2O)	7,7				Pouco Alcalino	
Matéria Orgânica (%)	1,5		●			
Fósforo (ppm)	184				●	
Potássio (ppm)	98			●		
Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				

LOCAL 5

Textura de Campo	Fina	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
pH (H2O)	7,5			Neutro		
Matéria Orgânica (%)	1,8		●			
Fósforo (ppm)	711					●
Potássio (ppm)	250					●
Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				

LOCAL 6

Textura de Campo	Fina	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
pH (H2O)	7,7				Pouco Alcalino	
Matéria Orgânica (%)	1,5		●			
Fósforo (ppm)	276					●
Potássio (ppm)	24	●				
Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				