

## AVALIAÇÃO E IMPACTE AMBIENTAL E ECONÓMICO DE MEDIDAS AGRO-AMBIENTAIS NO CONTEXTO DA EVOLUÇÃO DA PAC: O CASO DA SEMEITEIRA DIRECTA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CULTURAS ARVENSES DE SEQUEIRO DA REGIÃO ALENTEJO

Maria Maurícia Rosado<sup>1</sup>; Rui Manuel Sousa Fragoso<sup>2</sup>; Carlos Marques<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Departamento de Zootecnia, ICAAM

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Gestão, ICAAM

<sup>3</sup> Universidade de Évora, Departamento de Gestão, CEFAGE -UE

### Resumo

A consciencialização da necessidade de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis, de reduzir os impactes ambientais das práticas agrícolas e o compromisso da UE integrar as questões ambientais na política agrícola (PAC) traduziu-se na obrigatoriedade do cumprimento da ecocondicionalidade e na implementação de medidas agro-ambientais nos Estados-Membros.

O principal objectivo deste artigo é avaliar ambiental e economicamente o sistema de produção agrícola de sequeiro da região Alentejo e os efeitos da medida agro-ambiental - sementeira directa no contexto de evolução da PAC, nomeadamente com a Agenda 2000 e com a aplicação do Regime de Pagamento Único (RPU). Determinam-se indicadores agro-ambientais e económicos de actividades e tecnologias agrícolas para posterior incorporação num modelo de programação linear da exploração agrícola tipo desse sistema de produção.

Os resultados do modelo indicam que a sementeira directa permite obter melhores níveis de rendibilidade e menores impactes ambientais na generalidade dos temas ambientais. A aplicação do RPU e em simultâneo a não obrigatoriedade de *set aside*, melhora a rendibilidade pois o efeito do aumento da área cultivada é superior ao efeito da modulação. Com o RPU e, conseqüente desligamento das ajudas, verifica-se uma redução acentuada do preço sombra da terra e dos valores duais dos indicadores ambientais, significando que o decréscimo de margem líquida associado à redução de uma unidade de impacte ambiental é menor que nas medidas políticas anteriores, o que favorece a implementação de medidas ambientais que exigirão encargos orçamentais adicionais muito menores.

Palavras-chave: medidas agro-ambientais, sementeira directa, avaliação económica, avaliação ambiental, RPU, Alentejo.

## 1 - Introdução

Nas últimas décadas assistiu-se a importantes alterações nos sistemas europeus de produção agrícola, intimamente, relacionados com as orientações da PAC. Estas alterações foram particularmente notórias nas regiões de maior potencial produtivo da União Europeia, onde a adopção de sistemas intensivos de produção agrícola e de pecuária, se por um lado, contribuiu para a satisfação da procura crescente de bens alimentares, por outro lado, também promoveu, de forma significativa, a poluição das águas superficiais e subterrâneas, a poluição do ar, a degradação do solo, a perda de biodiversidade e a alteração das paisagens rurais.

A preocupação com a contínua degradação do ambiente natural, o declínio da contribuição relativa da agricultura, de grande escala, mecanizada e especializada, para o meio rural e economias locais, as preocupações relativas à segurança de alimentos produzidos, através de práticas e sistemas intensivos, conjuntamente com as negociações visando a liberalização dos mercados, no âmbito da Organização Mundial de Comércio (OMC), acelerou a integração da componente ambiental nas sucessivas reformas (1992, 1999 e 2003) da PAC. Nestas reformas, a utilização duradoura dos recursos naturais, a promoção da competitividade, sustentabilidade e multifuncionalidade da agricultura, a protecção do ambiente e a qualidade dos produtos agro-alimentares foram questões centrais da opinião pública e das instituições comunitárias e constituíram aspectos transversais subjacentes às referidas reformas. Por estas razões, as reformas traduziram-se em alterações na orientação das políticas agrícola e de desenvolvimento rural que defendem a utilização mais racional dos recursos e a prática de uma agricultura menos intensiva, mais eficiente e sustentável.

No contexto do modelo europeu da agricultura é expectável que no futuro a transferência de pagamentos para os agricultores esteja associada, de forma crescente, à *performance* ambiental das tecnologias e dos sistemas de produção agrícola desenvolvidos. Em alguns aspectos, existe ainda um conhecimento limitado das complexas interdependências entre as diferentes formas de uso da terra agrícola e seus efeitos no ambiente e funções na paisagem. Os Estados Membros (EM) devem monitorizar e avaliar os efeitos ambientais, agrícolas e sócio-económicos das Medidas Agro-Ambientais que implementam. Contudo, não existe consenso sobre a metodologia a utilizar na avaliação das consequências ambientais das alterações das práticas agrícolas. O reconhecimento da multifuncionalidade dos agricultores e da agricultura, expresso na capacidade de produção de alimentos, fibra, madeira e energia e, em simultâneo, na protecção do meio ambiente e produção de serviços ambientais traduz-se

na necessidade da avaliação integrada dos sistemas agrícolas, abrangendo a componente ambiental e económica dos sistemas de produção (Pacini et al. 2004; Van Ittersum et al. 2008).

O objectivo deste artigo é avaliar os impactes ambientais e económicos da medida agro-ambiental - sementeira directa no sistema de produção de culturas arvenses de sequeiro do Alentejo, no contexto da Agenda 2000 e da introdução do RPU no contexto da reforma da PAC de 2003,

Para concretizar este objectivo são calculados indicadores ambientais e económicos das actividades agrícolas desenvolvidas na exploração que, posteriormente, são incorporados num modelo de programação linear para, de forma integrada, proceder à avaliação económica e ambiental do sistema de produção. Na avaliação ambiental procede-se à quantificação do input de energia, do balanço do azoto e à determinação das cargas ambientais associadas à emissão de gases de efeito de estufa, da acidificação e da eutrofização e à determinação do impacte ambiental global utilizando o indicador agregado Eco-indicador 95 definido através do programa SimaPro, utilizando a metodologia da análise do ciclo de vida. Na avaliação económica procede-se à determinação dos custos de produção, da margem bruta, da margem líquida com base nos respectivos orçamentos de actividade. Posteriormente, é desenvolvido um modelo de programação linear para a exploração, integrando os indicadores anteriormente determinados, com o objectivo de avaliar os impactes económicos e ambientais decorrentes dos ajustamentos na afectação e valorização de recursos e nas actividades produtivas e relacionar a avaliação económica e ambiental, quantificando a relação de troca (*trade-off*) destes dois critérios de avaliação, através da determinação dos valores marginais dos indicadores ambientais, decorrentes dos ajustamentos produzidos com a aplicação da medida agro-ambiental relativa à sementeira directa do Programa de Desenvolvimento Rural definido na Agenda 2000 e da introdução do RPU estabelecido na sequência da reforma intercalar da PAC de 2003.

## **2- Metodologias usadas na determinação de impactes ambientais e tipos de impactes estudados**

A avaliação ambiental das actividades agrícolas é um elemento essencial no processo de avaliação da sustentabilidade da agricultura. Diferentes métodos podem ser aplicados para quantificar o impacte ambiental de sistemas agrícolas, nomeadamente, medições directas, modelos de simulação, indicadores simples ou compósitos, apresentando cada um diferente nível de aplicabilidade e diferente potencial de explicação do sistema (Bockstaller e Girardin, 2003). De entre estes métodos, a utilização de indicadores agro-ecológicos tem sido a

metodologia mais utilizada na avaliação preliminar da sustentabilidade dos sistemas de produção, dado que a sua determinação se baseia em informação já disponível ou de fácil obtenção. A selecção do conjunto de indicadores a utilizar é um processo complexo e depende dos objectivos em estudo, dos cenários de política a investigar e da facilidade de obtenção de informação necessária à determinação do indicador. Também o conhecimento de valores limiares, valores objectivo, *benchmarks* ou níveis de referência para os diferentes indicadores é determinante na avaliação ambiental. Estes valores podem resultar da recolha directa de dados, da consulta de bases de dados e/ou de outputs de modelos quantitativos (Van Ittersum et al., 2008).

As diversas metodologias propostas para avaliar o desempenho ambiental dos agro-ecossistemas ao nível da exploração agrícola, através de indicadores baseiam-se, quer nas tecnologias agrícolas utilizadas (avaliação orientada pelos meios), quer no efeito das tecnologias sobre o ambiente (avaliação orientada pelos efeitos) e diferem entre si, não só na diversidade de temas ambientais estudados mas também na diversidade de indicadores usados, reflexo da complexidade das relações entre a agricultura e o ambiente. Na literatura os temas ambientais mais frequentemente abordados nos estudos de avaliação ambiental da actividade agrícola incluem: os nutrientes (Simon et al., 2000; Bassanino et al., 2007); a energia (Pervanchon et al., 2002; Koka, 2008); os pesticidas (Padovane et al., 2004); a matéria orgânica do solo (Ernst, O. Siri-Prieto, G, 2009); as práticas de mobilização de solo (Borin et al., 1997; López-Fando, C. Pardo, M., 2009) e a biodiversidade (Manhoudt et al., 2005).

### **3 – Material e métodos**

A aplicação da análise ambiental e económica do sistema de produção de culturas arvenses de sequeiro baseou-se numa exploração agrícola do Alentejo, cujo sistema de produção e recursos é representativo na região. Embora a utilização de uma empresa real seja passível de crítica, uma vez que os resultados serão, de algum modo, influenciados pela especificidade da empresa, a sua utilização neste estudo justifica-se pela maior facilidade de obtenção de informação específica das parcelas e actividades para cálculo de coeficientes ambientais. Por outro lado, esta abordagem permite uma boa extrapolação para o sistema de produção dado que as interacções entre os processos ecológicos e económicos são consideradas em conjunto com as características edafo-climáticas e tecnologias utilizadas em explorações que são características dos sistemas de produção que se pretendem estudar.

### **3.1 - Caracterização da exploração agrícola**

A exploração vocacionada para a produção de culturas arvenses localiza-se no Alentejo (distrito de Beja) e tem uma superfície agrícola útil (SAU) de 250 ha. Os solos predominantes são Barros Pretos (Bpc) e Castanhos Avermelhados (Bvc, Cb), representando 90% e pertencem à classe de capacidade de uso A. Os restantes solos, representando 10%, pertencem às classes de uso B e C, já que são solos Vermelhos de Calcários (Vc) e solos Mediterrâneos Vermelhos e Amarelos de Materiais Calcários (Vcm).

### **3.2 - Caracterização do sistema de culturas arvenses com tecnologia convencional de mobilização de solo e com tecnologia de sementeira directa**

O plano cultural da exploração baseia-se na rotação tradicional: girassol - trigo rijo1 – ervilha - trigo rijo 2 e utiliza a tecnologia convencional de mobilização do solo.

No sistema tradicional de produção efectua-se um alqueive sobre o qual é semeado o girassol. Este alqueive inclui um conjunto de mobilizações de solo constituído por lavoura (Outubro) e duas passagens de chisel (a primeira em Dezembro e a segunda em Fevereiro). Precedendo a sementeira do girassol efectua-se uma passagem de chisel. A sementeira efectua-se na 1ª quinzena de Março, com uma densidade de semente de 4 kg/ha. Nesta cultura não se efectua qualquer aplicação de fitofármacos nem de fertilizantes. A colheita ocorre na 1ª quinzena de Agosto obtendo-se uma produtividade média de 850 kg/ha.

A cultura do trigo rijo inicia-se, em Novembro, com a preparação do solo para a sementeira realizando-se uma passagem de chisel seguida de uma gradagem. A sementeira e adubação de fundo são efectuadas na 1ª quinzena de Dezembro, utilizando uma densidade de semente de 200 kg/ha e 300 kg de adubo (20:20:0). Em Fevereiro procede-se à monda utilizando 0,02 kg/ha de Tribenurão-Metilo e 0,50 L/ha de Clodinafope+Cloquintocete. Ainda em Fevereiro efectua-se a adubação de cobertura com 150 kg de adubo (27% N). A colheita é efectuada na 1ª quinzena de Julho, obtendo-se uma produtividade média de 3000 kg/ha de grão e de palha.

A preparação do solo para a cultura da ervilha inicia-se em Outubro com uma passagem de chisel seguida de uma gradagem em Novembro e de nova passagem de chisel a anteceder a sementeira que ocorre na 1ª quinzena de Janeiro aplicando-se 150 kg/ha de semente. Nesta cultura não se procede a qualquer fertilização, nem à aplicação de qualquer produto fitofármaco. A colheita ocorre na 1ª quinzena de Junho, obtendo-se uma produtividade média de 1100 kg de grão/ha.

As operações culturais e as datas de realização na cultura do trigo rijo 2 são idênticas às efectuadas no trigo rijo 1. A produtividade de grão e palha é de 2900 kg/ha.

Com o objectivo de avaliar os efeitos ambientais e económicos da adopção da medida agro-ambiental – sementeira directa – em substituição do sistema convencional de mobilização de solo, introduziram-se alterações em cada cultura da rotação praticada, com base na informação directa de especialistas e em bibliografia (Carvalho, 2001; Martins, 2003).

A adopção da tecnologia de sementeira directa torna necessário a realização de uma monda de pré-sementeira de forma a eliminar as infestantes. Nesse sentido, antes da sementeira do girassol, efectua-se um tratamento com a utilização de herbicida (2 l/ha de glifosato) na 2ª quinzena de Fevereiro. O girassol (variedade Florassol) é semeado, na 1ª quinzena de Março, com um semeador de sementeira directa, utilizando uma densidade de semente de 3,5 kg/ha. Nesta cultura não se procede a qualquer fertilização. A colheita ocorre na 2ª quinzena de Agosto e a produtividade média é de 722,5 kg/ha, considerando-se uma diminuição de 15%, relativamente ao plano com mobilização de solo convencional, justificada pelo facto das culturas de Primavera de sequeiro, de raiz apumada, como o girassol, serem mais sensíveis à compactação do solo que possa ocorrer nos primeiros anos de transição do sistema convencional de mobilização para a sementeira directa.

A cultura do trigo rijo 1, que se segue na rotação ao girassol, inicia-se com a utilização de herbicida (3 l/ha glifosato), que se efectua na 2ª quinzena de Outubro, precedendo a sementeira. Esta é efectuada com semeador de sementeira directa na 1ª quinzena de Novembro, utilizando-se uma densidade de semente de 200 kg/ha. Em simultâneo efectua-se uma adubação de fundo utilizando 250 kg de adubo (Foskamónio 222). Na 2ª quinzena de Janeiro procede-se à primeira adubação de cobertura, utilizando 140 kg de adubo Nitrolusal 27%, sendo a segunda adubação de cobertura efectuada na 1ª quinzena de Março utilizando igual quantidade e tipo de adubo. A colheita é efectuada na 1ª quinzena de Julho, obtendo-se uma produtividade média de 3000 kg/ha de grão. A palha produzida, contrariamente ao verificado no sistema convencional de mobilização do solo, não é comercializada e fica no terreno. Este procedimento traduz-se em vantagens técnicas (aumento da matéria orgânica do solo), ambientais (conservação da humidade do solo, diminuição da erosão do solo) e económicas (subsídio da Medida Agro-Ambiental).

Na cultura da ervilha introduz-se a realização da monda com aplicação de herbicida (2,5 l/ha de glifosato) na 2ª quinzena de Novembro. A sementeira ocorre na 1ª quinzena de Dezembro recorrendo ao semeador de sementeira directa e usando uma densidade de semente de 150 kg/ha.

Não é efectuada qualquer outra operação cultural nesta cultura a não ser a colheita na 1ª quinzena de Junho e na qual se obtém uma produtividade média de 897 kg de grão/ha, considerando uma diminuição de 18,5% relativamente à tecnologia de mobilização convencional, pelas mesmas razões referidas para o girassol. Os resíduos da colheita são deixados no solo, pelas razões técnicas e ambientais referidas na cultura do trigo rijo 1.

Na cultura do trigo rijo 2, antes da sementeira, introduz-se um tratamento fitossanitário com herbicida (3 l/ha glifosato) na 2ª quinzena de Outubro. A sementeira efectuada com semeador de sementeira directa, realiza-se na 1ª quinzena de Novembro e utiliza uma densidade de semente de 200 kg/ha. Em simultâneo efectua-se a adubação de fundo utilizando 200 kg de adubo Foskamónio 222. Com distribuidor centrífugo realizam-se duas adubações de cobertura: a primeira na 2ª quinzena de Janeiro utilizando 110 kg de Nitrolusal 27% e a segunda na 1ª quinzena de Março utilizando a mesma quantidade e tipo de adubo. A colheita realiza-se na 1ª quinzena de Julho, obtendo-se uma produtividade média de 2900 kg/ha. A palha fica no terreno pelas razões já referidas.

### **3.3 - Indicadores ambientais**

A disponibilidade da informação e a simplicidade de cálculo e de interpretação foram critérios tidos em consideração na selecção dos indicadores ambientais utilizados. Assim excluíram-se indicadores que exigiam medições directas no solo, água ou planta e privilegiaram-se indicadores baseados em informação que pode ser facilmente obtida, nomeadamente, nos registos dos cadernos de campo da exploração obrigatórios no cumprimento dos requisitos legais e das boas práticas agrícolas.

Na avaliação ambiental utilizou-se o balanço de azoto e o input de energia e a metodologia da análise do ciclo de vida recorrendo ao programa informático SimaPro 6.0, para calcular as emissões de gases de efeito de estufa, a acidificação, a eutrofização e o impacte ambiental global determinado pelo Eco-indicador 95.

O balanço azotado foi determinado pela diferença entre o *input* e o *output* de azoto, de acordo com Simon et al. (2000). Nas actividades vegetais, o azoto contido nos fertilizantes inorgânicos, o derivado da fixação biológica (caso das leguminosas) e o resultante da deposição atmosférica corresponde ao *input*. O *output* foi determinado multiplicando a quantidade de produto obtido pelo seu teor em azoto, obtido em tabelas de composição química de alimentos (Soltner, 2004). Na determinação dos efeitos ambientais da política agrícola, nos cenários considerados, o balanço azotado resulta da diferença entre o *input* e o *output* azotado da exploração. O input de azoto da exploração resulta do somatório de inputs



das actividades vegetais, enquanto o output resulta do somatório do azoto contido nos produtos comercializados.

Na análise energética das actividades vegetais e das explorações foi utilizado o input de energia que corresponde ao somatório da energia directa e indirecta (Hülsbergen et al., 2001). A energia directa está intimamente associada ao consumo de combustíveis fósseis e lubrificantes (Audsley, 2000), nas operações culturais efectuadas. A energia directa de cada operação cultural foi calculada através da seguinte fórmula:  $E_{(directa)} = (C \times E_q E_C) + (L \times E_q E_L)$  que considera o consumo de combustível (C) em litros/ha; o equivalente de energia do combustível ( $E_q E_C$ ) em MJ/litro; o consumo de lubrificante do motor (L) em litro/ha e o equivalente energético do lubrificante ( $E_q E_L$ ) em MJ/litro. Sempre que os registos da exploração não permitiram conhecer o consumo de combustível e lubrificante estes foram determinados de forma indirecta, com base na potência necessária para o tractor trabalhar com os equipamentos adequados, no consumo específico de combustível (litros/Cv hora) por hora de trabalho e no número de horas de trabalho por hectare. No consumo específico de combustível do tractor seguiu-se a recomendação de Santos (1996), de considerar um consumo médio de gasóleo de 0,11 litros/cv.hora, enquanto para os lubrificantes se considerou um consumo de 0,002 litros/cv.hora.

O *input* de energia indirecta das culturas abrange a energia associada aos fertilizantes, pesticidas, sementes e maquinaria, não se considerando a energia ambiental (radiação, vento, etc.), nem a energia humana. A energia indirecta de fertilizantes foi determinada multiplicando a quantidade utilizada de adubo (N, P e K) por hectare pelos coeficientes energéticos específicos de cada tipo de adubo (Hülsbergen et al., 2001).

A energia indirecta dos pesticidas foi determinada multiplicando a quantidade de princípio activo utilizado por hectare pelo respectivo coeficiente energético (Green, 1987). No cálculo da energia indirecta associada ao fabrico das máquinas e equipamentos utilizou-se para cada operação cultural a seguinte equação:  $E_{indirecta} = ((P \times E_q E)/U) \times h$ , em que P representa o peso total da máquina (kg);  $E_q E$  o equivalente de energia para a manufactura da respectiva máquina (MJ/Kg); U corresponde ao nº total de horas de trabalho durante a vida útil da máquina; h representa as horas de trabalho dispendidas na operação cultural (h/ha). Os equivalentes de energia utilizados variaram com o tipo de máquina e equipamento. Para as máquinas automotrizes, nomeadamente, tractores e ceifeiras utilizaram-se valores de 59,9 MJ/kg e 56,45 MJ/kg, respectivamente. Para os equipamentos de mobilização de solo e restantes equipamentos utilizaram-se valores de 54,0 MJ/kg e 42,3 MJ/kg, respectivamente. A energia indirecta das sementes foi determinada através do produto entre a quantidade de



semente utilizada e o coeficiente de energia (Safe, 2003). Na determinação dos efeitos ambientais da política agrícola, nos cenários considerados, os valores de input de energia da exploração resultam do somatório de inputs de energia das diferentes actividades.

Na metodologia da análise do ciclo de vida utilizou-se o programa informático SimaPro 6.0, para calcular os valores absolutos das emissões de gases de efeito de estufa, acidificação e eutrofização e impacte ambiental global determinado pelo Eco-indicador 95.

A unidade funcional seleccionada foi a tonelada de produto. Nas actividades com mais de um produto, a repartição do impacte ambiental é feita de acordo com o valor económico do produto principal e secundário. No plano de produção com a tecnologia de sementeira directa, uma vez que os resíduos (palhas) das culturas são deixados no terreno a totalidade do impacte ambiental é atribuído ao produto principal. Os valores de impacte ambiental determinados por tonelada de produto são posteriormente reportados ao hectare, tendo em consideração as respectivas produtividades, de forma a possibilitar a comparação das tecnologias.

Quando se utiliza o Eco-indicador 95 o output do SimaPro fornece informação sobre onze temas ambientais: (1) gases de efeito de estufa, (2) diminuição da camada de ozono, (3) acidificação, (4) eutrofização, (5) emissão de metais pesados, (6) carcinogenia, (7) *smog* de Inverno, (8) *smog* de Verão ou *smog* fotoquímico, (9) emissão de pesticidas (associado à ecotoxicidade), (10) esgotamento de matérias-primas e recursos energéticos e (11) deposição de resíduos sólidos. Esta informação é ponderada, normalizada e agregada num único valor numérico denominado Eco95 (Pt).

Em virtude da relevância que os gases de efeito de estufa, a acidificação e a eutrofização adquiriram no âmbito do Protocolo de Quioto e do Protocolo de Gotemburgo as contribuições absolutas determinadas para estas categorias ambientais foram reportadas ao hectare de cultura e apresentadas nos resultados. O impacte ambiental global da exploração é calculado pelo somatório dos impactes ambientais de cada actividade.

### **3.4– Indicadores económicos**

A avaliação económica incidiu na determinação de indicadores económicos das actividades desenvolvidas na exploração seguindo os dois sistemas em estudo (sistema convencional de mobilização de solo e sementeira directa). Para cada cultura foi elaborado o orçamento de actividade que reúne todos os proveitos e custos associados e permite a determinação da margem líquida que expressa a sua rendibilidade. Na elaboração da conta de actividade foram contabilizados os proveitos, os encargos variáveis e os encargos fixos à excepção dos juros atribuídos ao capital de exploração fixo, fundiário e circulante. Os

proveitos incluem os produtos comercializados e os subsídios atribuídos às culturas, sempre que a actividade deles beneficie. Os encargos variáveis incluem os custos associados às operações de tracção, os encargos de mão-de-obra e os encargos associados à compra de semente, fertilizantes e fitofármacos, reparações e conservações, seguros e gastos gerais. Os encargos relacionados com a tracção são determinados para cada operação cultural, tendo em consideração o tempo dispendido em cada operação cultural e o custo de utilização do tractor por hora. Os encargos com a mão-de-obra assalariada permanente incluem o salário mensal de catorze meses e a comparticipação para a segurança social. As reparações de máquinas e equipamentos têm um custo anual determinado com base na aplicação da taxa de 0,01 % do valor de substituição para os tractores e uma taxa entre 0,02% e 0,07% do valor de substituição para as alfaias (IEADR, 1997). Na determinação do custo das reparações das construções considerámos a taxa de 0,02% do valor da construção. As amortizações de máquinas e equipamentos e das construções são afectos, proporcionalmente ao seu uso, às actividades que os utilizam.

### 3.5 - Modelo de programação linear

Um modelo de programação linear da exploração foi desenvolvido para integrar as componentes ambiental e económica visando explorar e quantificar a relação de troca destes objectivos e avaliar os efeitos da alteração da política agrícola, nomeadamente com a aplicação da medida agro-ambiental - sementeira directa e a introdução do RPU.

O modelo foi formulado em folha de cálculo e resolvido recorrendo à utilização da ferramenta (*add-in*) *Solver* do programa Excel. O modelo matemático desenvolvido para a exploração na situação actual e que constitui o cenário base apresenta-se seguidamente:

$$\text{Max } Z = \left( \sum_{i=1}^n ML_i \times A_i \right) + ML_{RT} \times A_{RT} , \quad Z \in \mathbb{R}$$

**Suj. a:**

$$A_i \geq 0 , \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$A_{RT} = \frac{0.1}{0.9} A_t$$

$$A_{RT} + \sum_{i=1}^n A_i \leq A_t$$

$$A_i = A_{i+1} , \quad i = 1, 2, \dots, n - 1$$

e:

$$\begin{aligned}
AJ_{RT} \times A_{RT} + \sum_{i=1}^n AJ_i \times A_i &= AJ_t \\
\sum_{i=1}^n BN_i \times A_i &= BN_t \\
\sum_{i=1}^n IE_i \times A_i &= IE_t \\
\sum_{i=1}^n GEE_i \times A_i &= GEE_t \\
\sum_{i=1}^n ACID_i \times A_i &= ACID_t \\
\sum_{i=1}^n EUTRO_i \times A_i &= EUTRO_t \\
\sum_{i=1}^n ECO95_i \times A_i &= ECO95_t
\end{aligned}$$

Onde:

**Z**-Rendimento; **i** -tipo de cultura; **n** -nº total de culturas; **RT** -Retirada de terras; **t** - total; **ML**- Margem líquida; **AJ**- Ajudas; **BN**- Balanço azoto; **IE**- Input de Energia; **GEE**- Gases efeito estufa; **ACID**- Acidificação; **EUTRO**- Eutrofização; **ECO95**- Indicador ECO95

Este modelo de programação linear foi utilizado para avaliar a aplicação da medida sementeira directa em alternativa à tecnologia convencional de mobilização do solo no contexto da PAC relativo à Agenda 2000 (Cenário 1) e à Reforma da PAC em 2003 (Cenário 2). A resolução do modelo permite maximizar a margem líquida da exploração, determinar o impacte ambiental do sistema de produção e quantificar o *trade-off* entre os critérios económico e ambiental para cada tema ambiental considerado em cada sistema de apoio da PAC.

Para cada cultura, o modelo permite a escolha entre a tecnologia de sementeira directa e a tecnologia convencional de mobilização de solo para a sementeira. Os indicadores económicos e ambientais das actividades realizadas com ambas as tecnologias são incorporados no modelo considerando, no cenário 1, as ajudas directas à produção e os prémios da medida da sementeira directa com um set-aside. No cenário 2, as ajudas directas à produção de culturas arvenses são suprimidas. A ervilha beneficia de uma ajuda de 55,57 €/ha (Tabela 1).

Tabela 1 – Níveis e tipos de apoio considerados em cada cenário

		<b>Girassol</b>	<b>Trigo Rijo 1</b>	<b>Ervilha</b>	<b>Trigo Rijo2</b>	<b>Tipo de apoio</b>
<b>Agenda 2000</b>	<b>Cenário Base</b>	129,15	129,15 313,00	148,63	129,15 313,00	Aj. Compensatória Aj. Suplementar
	<b>Cenário 1</b>	129,15 44	129,15 313,00 89 (44+45)	148,63 44	129,15 313,00 89 (44+45)	Aj. Compensatória Aj. Suplementar Aj. Sem. Directa
<b>PAC 2003</b>	<b>Cenário 2</b>	61 260,45				RPU
		44	89 (44+45)	55,57 44	89 (44+45)	Prémio Proteagínosa Aj. Sem. Directa

Para as culturas em sementeira directa a margem líquida inclui a respectiva ajuda agro-ambiental. Introduziu-se o valor do RPU desligado para as culturas arvenses e para o *set-aside*, no montante determinado pelo histórico das ajudas recebidas pelo agricultor. Este valor foi modulado aplicando, de forma faseada ao longo dos anos, uma taxa progressiva (3%, 4% e 5%, respectivamente no 1º ano (2005), 2º ano e 3ª e seguintes) aos valores acima de 5000 €. Neste cenário, o desligamento é incorporado no modelo como um prémio uniforme atribuído à exploração, pelo que a maximização da margem líquida não depende do nível deste prémio uniforme. Matematicamente a maximização do programa é equivalente a um programa no qual a quantidade total de subsídio é um termo constante igual ao valor do prémio uniforme.

## 4 - Resultados e discussão

### 4.1 - Avaliação ambiental das actividades

Os resultados da avaliação ambiental das culturas da rotação cultural utilizando a tecnologia convencional de mobilização do solo e a tecnologia de sementeira directa apresentam-se no Quadro 1.

Os resultados evidenciam que a adopção da sementeira directa possibilita um menor impacte ambiental ao reduzir o consumo de recursos não renováveis (combustíveis fósseis) e as emissões de gases de efeito de estufa, de substâncias acidificantes e eutrofizantes.

A avaliação ambiental global expressa pelo indicador Eco95 revela uma redução entre os 16,8 e os 41,7 % para as culturas do trigo rijo 1 e do girassol, originando uma redução média na rotação de 25,7%. Como esperado os cereais originam um impacte ambiental muito superior ao da oleagínosa e da proteagínosa, em ambas as alternativas de sementeira. Os valores do Eco95 obtidos para o trigo rijo 1 são cerca de 5 e 7 vezes mais elevados que os

obtidos para o girassol e cerca de 5 vezes mais do que os da ervilha. Na cultura de girassol a ausência de fertilização origina balanços azotados negativos.

Quadro 1- Avaliação ambiental das actividades

<b>SISTEMA CONVENCIONAL DE MOBILIZAÇÃO DE SOLO</b>				
<b>Indicadores Ambientais</b>	<b>Girassol</b>	<b>Trigo Rijo 1</b>	<b>Ervilha</b>	<b>Trigo Rijo 2</b>
Balanço azotado (kg/ha)	-17,0	22,9	35,7	25,7
<i>Input</i> energético (GJ/ha)	2,93	11,37	3,81	9,60
Gases de Efeito Estufa (kg CO <sub>2</sub> eq./ha)	369,0	2514,0	186,0	2262,0
Acidificação (kg SO <sub>2</sub> eq./ha)	3,45	33,36	3,21	31,32
Eutrofização (kg PO <sub>4</sub> eq./ha)	0,62	10,74	1,47	10,38
Eco-indicador 95 (Pt/ha)	1,92	9,13	1,77	8,10
<b>SISTEMA EM SEMEITEIRA DIRECTA</b>				
<b>Indicadores Ambientais</b>	<b>Girassol</b>	<b>Trigo Rijo 1</b>	<b>Ervilha</b>	<b>Trigo Rijo 2</b>
Balanço azotado (kg/ha)	-13,7	35,8	43,2	14,3
<i>Input</i> energético (GJ/ha)	1,86	9,24	2,28	8,50
Gases de Efeito Estufa (kg CO <sub>2</sub> eq./ha)	173,0	2520,0	107,0	1960,0
Acidificação (kg SO <sub>2</sub> eq./ha)	1,67	32,52	2,11	25,60
Eutrofização (kg PO <sub>4</sub> eq./ha)	0,29	10,02	1,07	8,70
Eco-indicador 95 (Pt/ha)	1,12	7,60	1,35	6,41

A menor produtividade em sementeira directa traduz-se em menor output de azoto e, conseqüentemente, num balanço de azoto mais elevado. O mesmo acontece para a cultura da ervilha onde o menor *output* na sementeira directa explica a diferença entre as tecnologias. Na cultura do trigo rijo, a adopção do sistema de sementeira directa evidenciou resultados diferentes que são devidos à cultura precedente, nomeadamente em resultado dos ajustamentos na fertilização aplicada em sementeira directa.

A adopção da tecnologia de sementeira directa, embora exija a aplicação de herbicida em pré-sementeira, ao dispensar as operações de preparação da cama da semente necessita de menos operações culturais que se traduzem na redução de *input* de energia. Esta redução é mais acentuada na ervilha (40,2%) e no girassol (36,6%), culturas sem aplicação de fertilizantes, que nos trigos (18,8% no trigo rijo1 e 11,5% no trigo rijo 2). A sementeira directa permite reduções percentuais de cerca de 47%, 58% e 13,4%, respectivamente nas culturas do girassol, ervilha e trigo rijo a seguir à ervilha. O reduzido aumento das emissões na cultura do trigo rijo a seguir ao girassol com sementeira directa pode ser explicado pela fertilização e pela aplicação de herbicida.

A adopção da tecnologia de sementeira directa na rotação traduz-se na redução média de 10,7 % das emissões de gases de efeito de estufa. A cultura do trigo origina emissões de gases de efeito de estufa (1 960 a 2 514 kg de CO<sub>2</sub> equiv./ha) bastante superiores às determinadas para o girassol (173 e 369 kg de CO<sub>2</sub> equiv./ha) e para a ervilha (107 e 186 kg de CO<sub>2</sub> equiv./ha), independentemente da tecnologia de mobilização de solo.

O recurso à sementeira directa traduz-se na redução de emissões de substâncias acidificantes, de forma mais marcada na ervilha (34%) e no girassol (52%). Na cultura do trigo essas reduções foram apenas de 2,5% e 18,3%, respectivamente no trigo rijo 1 e 2. Em termos médios, a adopção desta tecnologia origina uma diminuição de 15,2% das emissões de substâncias acidificantes. A acidificação originada pela cultura do trigo (25,60 a 33,36 kg de SO<sub>2</sub> equiv./ha) foi muito superior à da ervilha (2,11 e 3,21 kg de SO<sub>2</sub> equiv./ha) e do girassol (1,67 e 3,45 kg de SO<sub>2</sub> equiv./ha), independentemente da tecnologia de mobilização de solo.

As emissões de substâncias eutrofizantes também se reduzem com a adopção da tecnologia de sementeira directa em cerca de 47%, 7%, 27% e 16%, respectivamente nas culturas do girassol, trigo rijo 1, ervilha e trigo rijo 2. Também neste impacte ambiental, a cultura do trigo origina emissões (8,70 a 10,74 kg de PO<sub>4</sub> equiv./ha) muito superiores às da ervilha (1,07 e 1,47 kg de PO<sub>4</sub> equiv./ha) e do girassol (0,29 e 0,62 kg de PO<sub>4</sub> equiv./ha).

#### **4.2 – Avaliação económica das actividades**

No Quadro 2 apresentam-se os proveitos, os custos, as margens brutas e líquidas de cada cultura seguindo a tecnologia convencional de mobilização de solo e a tecnologia de sementeira directa, para cada cenário de medidas da PAC (ajudas directas e RPU).

A análise das margens líquidas dos dois sistemas de produção evidencia um aumento médio da margem líquida de 12,7 % com a utilização da sementeira directa. O girassol, o trigo rijo 1 e o trigo rijo 2 apresentam aumentos de margem líquida de 36%, 15% e 11%, respectivamente, devido ao menor custo de implantação das culturas em sementeira directa e ao contributo dos subsídios recebidos (subsídio à sementeira directa e subsídio pela palha dos trigos ser deixada no solo). Na ervilha estes factores não são suficientes para contrariar o efeito da redução da produtividade de 18,5%, pelo que se verifica uma redução de cerca de 10% na margem líquida. Também as margens brutas das culturas seguem a mesma tendência com diferenças positivas de 15% e 11% no trigo rijo 1 e trigo rijo 2, de 31% no girassol e negativa (-10%) na ervilha.

Quadro 2 – Proveitos, Custos, Margem Bruta e Margem Líquida das culturas (€/ha)

	Girassol	Trigo Rijo 1	Ervilha	Trigo Rijo 2
<b>SISTEMA CONVENCIONAL DE MOBILIZAÇÃO DE SOLO</b>				
<b>PROVEITOS</b>				
<b>Produto principal</b>	234,4	420,0	217,3	406
<b>Produto secundário</b>		35,0	20,0	35,0
<b>Subsídio</b>	129,2	442,2	148,6	442,2
<b>CUSTOS</b>				
<b>Custos variáveis</b>	185,5	381,9	163,5	362,0
<b>Custos fixos</b>	21,3	49,2	26,0	39,0
<b>Margem Bruta Privada</b>	178,1	515,3	222,4	521,2
<b>Margem Líquida Privada</b>	156,7	466,1	196,4	482,2
<b>SISTEMA EM SEMEITEIRA DIRECTA</b>				
<b>PROVEITOS</b>				
<b>Produto principal</b>	199,4	420,0	177,6	406,0
<b>Produto secundário</b>				
<b>Subsídio</b>	173,2	531,2	192,6	531,2
<b>CUSTOS</b>				
<b>Custos variáveis</b>	139,3	359,8	170,2	359,8
<b>Custos fixos</b>	19,4	53,9	21,2	40,8
<b>Margem Bruta Privada</b>	233,3	591,4	200,0	577,4
<b>Margem Líquida Privada</b>	213,9	537,5	178,8	536,6

A tecnologia da sementeira directa permite uma diminuição dos custos de produção dos trigos e do girassol em resultado, principalmente, da redução dos custos associados à tracção (combustíveis e lubrificantes) e à mão-de-obra, já que os custos de materiais e diversos por hectare aumentam ligeiramente. Conforme expectável, os trigos são as culturas que apresentam custo de produção por hectare mais elevado, seguidos do girassol e da ervilha, em ambas as tecnologias. Os proveitos totais aumentam em todas as culturas quando a sementeira directa é utilizada uma vez que os subsídios inerentes a esta medida agro-ambiental compensam a inexistência de proveitos pela não comercialização da palha de trigo. Na sementeira directa os subsídios representam 46,4%, 55,8%, 47,9% e 56,6%, enquanto no sistema convencional de mobilização de solo representam 35,5%, 49,2%, 38,5% e 50,1%, respectivamente no girassol, trigo rijo 1, ervilha e trigo rijo 2. Os trigos são as actividades que apresentam proveitos mais elevados, em ambos os sistemas.



### 4.3 – Impactes económicos e ambientais da sementeira directa no contexto da evolução da PAC

A margem líquida da exploração, o valor das ajudas, a utilização e o valor dual da terra, e os impactes ambientais totais e os valores duais para cada tema ambiental estudado estimados pela solução do modelo nos cenários alternativos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Uso e valores duais da terra e impactes totais e valores duais por tema ambiental nos cenários alternativos

Rúbricas	Cenário base	Dual	Cenário 1 (SD)	Dual	Cenário 2 (RPU)	Dual
Margem Líquida da exploração (€)	76 432,06	n.a.	85 737,50	n.a.	99 604,2	n.a.
Ajudas (€)	68 597,00	n.a.	83 559,50	n.a.	97 823,02	n.a.
Terra	250	305,73 (€/ha)	250	342,95 (€/ha)	250	153,38 (€/ha)
Balanço de azoto (Kg N)	3783,38	20,2 (€/KgN)	4477,50	19,15 (€/Kg N)	4975,00	7,71 (€/kgN)
Input de energia (GJ)	1489,50	51,31 (€/GJ)	1230,75	69,66 (€/GJ)	1367,5	28,04 (€/GJ)
Emissão de gases de efeito estufa (Kg CO <sub>2</sub> eq.)	299 857,50	0,25(€/Kg CO <sub>2</sub> eq.)	267 750,00	0,32 (€/Kg CO <sub>2</sub> eq.)	297 500	0,13 (€/kg CO <sub>2</sub> eq.)
Acidificação (Kg SO <sub>2</sub> eq.)	4012,87	19,05(€/Kg SO <sub>2</sub> eq.)	3481,88	24,62(€/Kg SO <sub>2</sub> eq.)	3868,75	9,91 (€/Kg SO <sub>2</sub> eq.)
Eutrofização (Kg de PO <sub>4</sub> eq.)	1305,56	58,54 (€/Kg PO <sub>4</sub> eq.)	1129,50	75,91 (€/Kg PO <sub>4</sub> eq.)	1255	30,55 (€/Kg PO <sub>4</sub> eq.)
Eco 95 (Pt)	1176,75	64,95 (€/Pt)	927,00	92,49 (€/Pt)	1030	37,23 (€/Pt)

n.a.= não se aplica

Fonte: Soluções do modelo

A solução do modelo que maximiza a margem líquida para os cenários alternativos (cenário 1 e 2) selecciona para o plano de exploração todas as culturas em sementeira directa.

A margem líquida da exploração aumenta em ambos os cenários (12,1 e 30,3 %, respectivamente) devido fundamentalmente ao aumento do valor dos subsídios recebidos, decorrentes da aplicação da medida agro-ambiental - sementeira directa - no âmbito da Agenda 2000, e no segundo caso, também, da maior área cultivada que, conjuntamente, mais do que compensam a modulação aplicada.

O rendimento da exploração passa ainda a estar mais dependente das ajudas recebidas, correspondendo o seu peso a 97,5% e a 98,2 % da margem líquida nos cenários alternativos valor acima dos 89,7 % no cenário base. Não fora a obrigatoriedade imposta pela ligação das ajudas à produção em vigor na Agenda 2000 (cenário 1) e a utilização da sementeira directa

admitida no RPU (cenário 2), seria admissível a não manutenção da produção na exploração face à sua reduzidíssima contribuição marginal para os resultados em termos absolutos e relativos. Em todos os cenários a terra é totalmente utilizada. No cenário 1, dada a obrigatoriedade da realização de *set aside*, a área de cada parcela é idêntica à do cenário base (56,25 ha), incluindo o *set aside* (25 ha). No cenário 2, a área liberta do *set aside* passa a ser utilizada pelas culturas, pelo que a área de cada parcela é de 62,5 ha.

Com a utilização da sementeira directa e o aumento dos indicadores económicos do sistema que lhe estão associados, o valor dual associado à restrição da terra aumenta 10,8 % (de 305,73 para 342,95 €/ha). Estes valores são cerca de quatro e meia a cinco vezes superiores ao fixado na Tabela Arrendamento (67,48 €/ha) para o tipo de solos predominantes na exploração. Esta diferença é explicada pelo facto do sistema de apoio ao rendimento do agricultor, as ajudas directas, estarem directamente ligadas à área cultivada.

O desligamento (cenário 2), provoca uma redução de mais de metade do preço sombra da terra que cai para 153,38 €/ha., evidenciando que o desligamento das ajudas origina uma diminuição acentuada do valor marginal da terra. Este valor só não é menor porque a ajuda recebida da sementeira directa e o subsídio à leguminosa ainda continuam ligadas à produção.

A utilização da tecnologia de sementeira directa possibilita melhorar não só o resultado económico, mas também a performance ambiental global da exploração. O valor do indicador composto Eco95 regista uma redução de 21,2% (de 1176,75 Pts/ha para 927) com a adopção da sementeira directa. É de realçar a redução do impacte ambiental da exploração de 12,5 % que se regista no cenário 2 (1030 Pts/ha) comparativamente ao cenário base, dado que neste cenário se verifica um aumento da área cultivada de cerca de 11% pela supressão do *set-aside*. Esta redução de impacte ambiental resulta de menores efeitos em todos os temas ambientais estudados, com excepção do balanço do azoto. A tecnologia de sementeira directa permite uma diminuição de cerca de 21 e de 8,2% de *input* de energia (1230,75 e 1367,5 vs. 1489,5 GJ) que pode ser explicado, fundamentalmente, pela menor utilização de combustíveis resultante do menor número de operações culturais necessárias para implantar as culturas, compensando o maior consumo de energia associado ao uso de herbicidas de pré emergência e sua distribuição em sementeira directa. A redução da emissão de gases de efeito de estufa é de 11,9 e 0,8% (267750 kg e 297 500 comparativamente a 299 857,5 kg de CO<sub>2</sub>eq do cenário base), em resultado, principalmente, do menor número de operações culturais. A utilização da sementeira directa também origina uma redução da acidificação de cerca de 15,2% e de 3,6% (530,9 e 144,1 kg de SO<sub>2</sub> eq), comparativamente ao cenário base (4012,87 kg SO<sub>2</sub> eq.) explicada, principalmente, pelo menor consumo de energia derivada do menor número de

operações culturais na sementeira directa. A emissão de substâncias eutrofizantes também é reduzida de 13,5 e 3,9% em relação ao cenário base de 1305,56 kg de PO<sub>4</sub>eq.. A justificação para o ligeiro aumento verificado no balanço do azoto decorre da diminuição admitida da produtividade das culturas e, fundamentalmente, do aumento da fertilização azotada considerada, principalmente da cultura do trigo rijo<sup>1</sup>, em sementeira directa cuja fertilização azotada, por recomendação técnica, foi ajustada tendo em consideração a precedente cultural, enquanto no cenário base a fertilização azotada corresponde ao tradicionalmente aplicado na exploração.

Os valores marginais dos indicadores ambientais têm o mesmo comportamento do da terra. O aumento dos resultados económicos com a utilização da sementeira directa faz com que a redução marginal do impacte ambiental tenha um custo de oportunidade superior ao do cenário base. Assim, o custo marginal de redução de impacte ambiental aumenta de 29,8% passando o seu valor de 64,95 para 92,49 €/Pt. O valor a receber pelo agricultor para aceitar reduzir marginalmente o seu impacte ambiental teria que aumentar. O mesmo sucede por tema ambiental, com excepção do balanço azotado. Assim, o custo marginal de redução de impacte ambiental aumenta 36% para o *input* de energia (de 51,31 para 69,66 €/GJ) de 28% para a emissão de gases de efeito de estufa (0,25 para 0,32 €/kg de CO<sub>2</sub>eq.), 29% para a acidificação (19,05 para 24,62 €/kg de SO<sub>2</sub> eq.) e 30% para a eutrofização (58,54 para 92,49 €/kg de PO<sub>4</sub>eq.).

Os resultados globais da simulação do modelo evidenciam que, no âmbito da Agenda 2000, a aplicação da medida agro-ambiental - sementeira directa possibilita uma melhoria da margem líquida da exploração e simultaneamente uma redução do impacte ambiental nos temas ambientais estudados, com excepção do balanço do azoto. Contudo, como os preços sombra dos indicadores ambientais no cenário 1 são mais elevados que no cenário base, à excepção do balanço de azoto, o objectivo de limitar o impacte ambiental associado a qualquer tema ambiental na exploração, excepto azoto, será mais dispendioso dado basear-se em preços sombra mais elevados nos referidos indicadores ambientais.

Com a introdução do RPU e do desligamento considerado para a maior parte das ajudas, o custo marginal de redução de impacte ambiental cai 43% (de 64,95 para 37,23 €/Pt.) indicando uma receptividade do agricultor aceitar reduzir marginalmente o seu impacte ambiental por um custo de oportunidade muito menor do que o requerido sem desligamento das ajudas. Os valores duais para os temas ambientais indicam os custos marginais de redução de cada impacte ambiental e registam todos, também, reduções significativas de 62 % no balanço de azoto (de 20,2 para 7,71 €/Kg N), 45% para o *input* de energia (de 51,31 para

28,04 €/GJ), 48% para a emissão de gases de efeito de estufa (0,25 para 0,13 €/kg de CO<sub>2</sub>eq.), para a acidificação (19,05 para 9,91 €/ kg de SO<sub>2</sub> eq.) e para a eutrofização (58,54 para 30,55 €/ kg de PO<sub>4</sub>eq.). Comparativamente ao cenário 1 verifica-se uma redução de cerca de 60% nos valores duais dos indicadores ambientais reflectindo o efeito da alteração da política de apoio à agricultura, nomeadamente o desligamento das ajudas da produção. Uma vez que o custo de oportunidade que o agricultor suporta pela redução de uma unidade do efeito ambiental de cada restrição, a redução na sua margem líquida indicada pelo valor dual, é muito menor que o verificado anteriormente, estes resultados indicam que a implementação de políticas cujo objectivo seja a mitigação de impacte ambiental das actividades agrícolas poderão ser incentivadas com menores custos orçamentais.

### **Conclusão**

A utilização da tecnologia de sementeira directa no sistema de produção de culturas arvenses de sequeiro do Alentejo traduz-se na redução de consumo de recursos não renováveis, nomeadamente combustíveis fósseis, ou seja, na redução do *input* energético, das emissões de gases de efeito de estufa e de substâncias acidificantes e eutrofizantes, possibilitando a diminuição do impacte ambiental global das actividades e do sistema, comparativamente à tecnologia convencional de mobilização do solo.

A avaliação económica das actividades demonstra que a adopção da sementeira directa se traduz no aumento dos proveitos das actividades, que resulta das ajudas que lhe são atribuídas, na redução dos custos de produção, principalmente os associados à tracção e à mão-de-obra, e no aumento da margem líquida na generalidade das actividades.

A avaliação integrada das componentes ambiental e económica indica que a utilização da sementeira directa e o aproveitamento da correspondente medida agro-ambiental do programa de desenvolvimento rural permite aumentar a margem líquida e melhorar a *performance* global e por tema ambiental da exploração quer no contexto das ajudas directas ligadas à produção quer do desligamento da PAC via RPU.

No entanto, no contexto de uma PAC desligada da produção, o custo de oportunidade do agricultor para reduzir o impacte ambiental, em termos gerais e para cada tema específico, reduz-se consideravelmente pelo que a introdução de políticas mais exigentes em termos ambientais exigirá menores custos orçamentais para compensar a eventual perda de rendimento dos agricultores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Audsley, E. (2000). Systematic procedures for calculating agricultural performance data for comparing systems. In Proceedings of 2nd European Seminar on LCA of Food Products, 25 e 26 January. Lei-Hague.
- Bassanino, M. Grignani, C., Sacco, D., Allisiardi, E. (2007). Nitrogen balances at the crop and farm-gate scale in livestock farms in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* vol.122 (3), pp. 282-294.
- Bockstaller C., Girardin P., (2003). How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems* 76, pp 639-653.
- Borin, M., Menini, C. Sartori, L. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil & Tillage Research*, 40, pp. 209-226.
- Carvalho, M. (2001). Manual de Divulgação de Sementeira Directa e Técnicas de Mobilização Mínima. Direcção Geral de Desenvolvimento Rural (DGDRural). Lisboa.
- Ernest, O., Siri-Prieto, G., (2009). Impact of perennial pasture and tillage systems on carbon input and soil quality indicators. *Soil and Tillage Research*, 105, pp. 260-268.
- Green, M.B., (1987). Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Helsel, Z.R. (Ed). *Energy in Plant Nutrition and Pest Control*. Elsevier, Amsterdam, pp. 165-177.
- Hülsbergen, K.-J, Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W, Kalk, W.-D, Diepenbrock, W.(2001). A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86, pp. 303-321.
- IEADR - Instituto de Estruturas Agrárias e Desenvolvimento Rural, (1997). Encargos com a utilização de máquinas agrícolas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa.
- Koga, N. (2008). An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from sugar beet. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 125 (1-4), pp. 101-110.
- López-Fando C., Pardo, M., (2009). Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. *Soil and Tillage Research*, Vol. 104, pp. 278-284.
- Manhoudt, A., Udo de Haes, H., Snoo, G. (2005). An indicator of plant species richness of semi-natural habitats and crops on arable farms. Vol 109 (1-2) pp. 166-174
- Martins, M.B. (2003). Avaliação económica de tecnologias alternativas de mobilização do solo em situação de risco. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.

- Pacini, C. Giesen, G., Wossink, A, Omodei-Zorini, L., Huirne, R., (2004). The Eu's Agenda 2000 reform and the sustainability of organic farming in Tuscany: ecological-economic modeling at field and farm level. *Agricultural Systems*, 80(2), pp. 171-197.
- Padovane, L., Trevisan, M., Capri, E., (2004). A calculation procedure to assess potencial environmental risk of pesticides at the farm level. *Ecological Indicator* vol. 4 (2), pp. 111-123.
- Pervanchon, F., Bockstaller, C., Girardin, P. (2002). Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems* 72, pp. 149-172.
- Safe, (2003). Framework for assessing sustainability levels in Belgian agricultural systems. Annual Scientific Report. Belgian Public Planning Service Science Policy. Brussels.
- Santos, F., (1996). Tabelas e Quadros. Série Didáctica - Ciências Aplicadas nº 84. UTAD, Vila Real
- Simon, J-C., Grignani, C., Jacquet, A., Le Corre, L., Pagés, J. (2000). Typologie des bilans d'azote de divers types de exploitation agricole: recherche d'indicateurs de fonctionnement. *Agronomie* 20, pp. 175-195.
- Soltner, D., (2004). Tables de Rationnement des Bovins, des Ovins et Caprins, des Cheveux e de Porcs – Collection Sciences et Techniques Agricoles. Angers.
- Van Ittersum, M., Ewert, F., Heckelei, T., Wery, J., Olsson, J., Andersen, E., Beslepkina, I., Brouwer, F., Donatelli, M., Flichman, G., Olsson, L., Rizzoli, A., Van der Wal, T., Wien, J., Wolf, J. (2008). Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems* 96, pp 150-165.