

Capítulo 5 – Discussão dos Resultados

5.1. Substratos

Sempre que se pretenda utilizar substratos em estufa constituídos por determinados materiais é importante a avaliação das suas propriedades físicas (relacionadas com a retenção de água e o arejamento), químicas (relacionadas com a nutrição vegetal) e biológicas (relacionadas com a decomposição, fauna microbiana e estabilização dos materiais envolvidos) (Ribeiro *et al.*, 2001).

As modalidades com maiores teores de de vermicomposto apresentaram as menores percentagens em matéria orgânica e maiores em matéria mineral (Figuras 12 e 13) sendo de prever que tenha sofrido uma maior mineralização.

A aplicação de vermicomposto reduziu as percentagens de humidade aumentando directamente as percentagens de matéria seca enquanto que o substrato turfa reteve mais humidade e apresentou menos matéria seca (Tabela 9 e Figura 14). Estes parâmetros encontram-se relacionados directamente com os valores de espaço poroso total uma vez que as modalidades contendo maiores percentagens de vermicomposto apresentaram menores valores deste parâmetro em comparação com as modalidades contendo maiores percentagens de turfas de crescimento (Tabela 11 e Figura 17). Este facto, permitiu, simultaneamente diferentes variações de retenção de água nas modalidades, com influência na percentagem de humidade dos diferentes substratos (Ribeiro *et al.*, 2001).

Quanto aos valores de densidade real e densidade aparente seca estes também se encontraram directamente relacionados com as diferentes misturas, tendo sido mais elevados nas modalidades contendo mais vermicomposto (Tabela 10).

Ainda nas modalidades contendo mais vermicomposto, é de admitir que o menor valor de espaço poroso total (Tabela 11) tenha feito com que, a partir de certos limites se comesçassem a desenvolver fenómenos de capilaridade, passando estes também a contribuir para a consequente compactação dos substratos (Ribeiro *et al.*, 2001).

Neste sentido, observou-se que as modalidades V 100 e VO 75-25 apresentaram maiores níveis de compactação e directamente menores valores de espaço poroso total sendo de admitir que tenham aumentado os fenómenos de asfixia radicular devido a carências em oxigénio (Ribeiro *et al.*, 2001).

É de admitir ainda que os processos de mineralização tenham sido mais elevados no substrato vermicomposto e responsáveis pelas maiores percentagens em matéria mineral deste substrato em comparação com a turfa, em resultado das maiores populações de fauna microbiana: bactérias nitrificantes - *Nitrossomas*, responsáveis pela oxidação de NH_4^+ a NO_2^- e *Nitrobacter*, responsáveis pela transformação de NO_2^- a NO_3^- este último extremamente móvel e facilmente disponível para as plantas.

Uma das razões para as que as produções de alface na modalidade VO 75-25 tenham aumentado da primeira para a segunda campanha poderá estar relacionado com o facto de o vermicomposto proporcionar uma maior disponibilidade de nutrientes, possuindo ainda acção supressiva do crescimento de fungos e nemátodos, que geralmente induzindo maiores índices de crescimento e produção de hortícolas e frutas de melhor qualidade (Arancon *et al.*, 2004, Singh *et al.*, 2008; Suthar, 2009).

Pensa-se que o maior conteúdo em substâncias húmicas presentes no vermicomposto em conjugação com a maior disponibilidade em matéria mineral, fruto da sua riqueza em fenilpropano e polifenóis que são resistentes à decomposição microbiana (Kononova, 1966), tenha sido responsável pelo aumento de produções na modalidade VO 75-25.

5.2. Material Vegetal: *Lactuca sativa*

A aposta em modos de produção com substratos orgânicos em estufa provocou aumentos de produtividade da primeira para a segunda campanha pela provável mineralização dos substratos orgânicos – registadas pelas elevadas percentagens em matéria mineral em modalidades contendo percentagens crescentes de vermicomposto, sendo estas percentagens menores nas modalidades contendo turfa (Tabela 15). É de prever que estas mesmas percentagens de matéria mineral tenham proporcionado por sua vez, maiores quantidades em nutrientes assimiláveis pela cultura (Santos, 1995).

Contudo, as produções obtidas foram inferiores se comparadas com as obtidas em tamanho médio num regime de estufa em solo. Neste aspecto, numa cultura de Outono-Inverno, na região de Entre-Douro-e-Minho o peso fresco obtido por planta foi de 244 g, (Almeida, 2006) sendo superior em comparação com o valor médio mais elevado obtido na modalidade V 75-25 – 171,2 g de peso fresco (Tabela 15) facto relacionado com as propriedades dos substratos.

Extrapolando-se os valores obtidos para t ha⁻¹ obtiveram-se as maiores produções de biomassa na modalidade VO 75-25 durante a 2.^a campanha com 5,2 t ha⁻¹ tendo a menor produtividade sido registada na modalidade O 100 durante a 2.^a campanha com 0,9 t ha⁻¹. Os valores apresentados foram inferiores aos obtidos em modo de produção convencional (Almeida, 2006).

Os baixos valores obtidos poderão estar relacionados com os baixos valores dos parâmetros das relações ar-água – capacidade de arejamento e água de reserva, características indicadoras da qualidade dos substratos utilizados bem como à sua produção em vaso, em que o desenvolvimento do sistema radicular, ao contrário do que acontece em solo, ter sido limitado em função do reduzido volume do recipiente utilizado (Ribeiro, 2006) aumentando os fenómenos de compactação e consequente asfixia radicular.

Assim sendo, em nenhuma das modalidades se obteve 20 a 30 % do volume do substrato compreendido pelos poros de maiores dimensões (Abad *et al.*, 2004) uma vez que o valor mais elevado foi obtido na modalidade VO 50-50 com apenas 17 %.

As raízes requerem oxigénio para manter a actividade metabólica e crescimento, podendo o *deficit* temporal de oxigénio derivado aos baixos valores de capacidade de arejamento ter reduzido o crescimento das raízes e da parte aérea fruto da provável compactação dos substratos em vaso (Abad *et al.*, 2004). Os baixos valores de biomassa produzida em comparação com os padrões estabelecidos por Almeida (2006), são comprovados ainda pela relação com os baixos valores de espaço poroso total apresentados pelo substrato em comparação com os valores ideais (Abad *et al.*, 2004).

Quanto aos valores de água de reserva, e uma vez que o seu valor óptimo se encontra compreendido entre 4 e 10 % do volume (Abad *et al.*, 2004) regista-se que apenas nas modalidades V 100 e O 100 o valor óptimo não foi cumprido.

Outro factor a registar pretende-se com a baixa tolerância da *Lactuca sativa* à salinidade (Almeida, 2006). Neste caso particular nas modalidades V 100 e VO 75-25, a salinidade registada antes da transplantação poderá ter inibido ligeiramente o seu crescimento durante a 1.^a campanha na modalidade VO 75-25 (Warncke e Krauskopf, 1983) face aos valores de salinidade apresentados (Tabela 15) e em comparação com os valores limite estabelecidos por Abad *et al.*, 2004.

Marchesini *et al.* (1988), observaram ainda que os incrementos de produtividade proporcionados por adubos orgânicos, embora menos imediatos e visíveis do que os obtidos com adubação mineral, apresentam maior duração, provavelmente pela libertação mais progressiva de nutrientes e pelo estímulo do crescimento radicular. Os mesmos autores concluíram ainda, que a utilização de substratos orgânicos não só fornece à planta quantidades consideráveis de nutrientes, como contribui para manter a fertilidade natural, o que envolve os ciclos biológicos dos nutrientes em solos cultivados, prevenindo a sua perda de fertilidade.

Do ponto de vista agronómico, a modalidade indicada para produção hortícola – *Lactuca sativa* foi VO 75-25 (Tabela 15) registando-se os únicos aumentos de produções, ao passo que para produção de uma espécie aromática – *Thymus zygis* a melhor modalidade foi VO 25-75 no qual se obteve maior rendimento em óleos (Tabela 19).

5.3. Material Vegetal: *Thymus zygis*

A utilização de vermicomposto poderá ter sido um factor limitante para o crescimento e desenvolvimento da cultura com o conseqüente declínio da produção e rendimento em óleos essenciais (Tabelas 17 a 20). Nas modalidades contendo maiores percentagens de vermicomposto poderão ter ocorrido problemas de má drenagem, maior retenção de água em comparação com modalidades contendo turfa, originando asfixia radicular. A natureza do vermicomposto, nomeadamente o tipo de mistura original de resíduos poderá ter excedido as necessidades da cultura tornando-se eventualmente fitotóxico.

O fraco desenvolvimento da cultura no vermicomposto poderá estar ainda associado à compactação dos substratos fruto dos baixos valores de espaço poroso total (Tabela 11).

No que diz respeito a plantas aromáticas, Anwar *et al.* (2005) obtiveram um maior crescimento da planta aromática manjeriço francês, apenas quando foi aplicado vermicomposto em combinação com fertilizantes inorgânicos. Estes resultados podem estar relacionados com as espécies vegetais envolvidas bem como o tipo de processo de tratamento dos resíduos assim como o tipo de matéria orgânica original (Atiyeh *et al.*, 2002)..

Poderá compreender-se ainda o facto das plantas de *Thymus zygis* terem secado ou manifestado reduzida capacidade de crescimento e desenvolvimento na modalidade vermicomposto uma vez que esta cultura pode apresentar reduzido desenvolvimento em solos argilosos ou em solos demasiado húmidos (Almeida, 2006), facto comprovado quando ocorre redução do espaço poroso total, o que diminui a circulação de água e aumenta a sua retenção (Miner, 1994).

Os valores de espaço poroso total e densidade real poderão ter condicionado a produção de biomassa e o rendimento dos óleos essenciais (v/m) (Tabelas 17 e 19), facto também comprovado pelos menores valores em humidade obtidos para o vermicomposto (Tabela 9). Os elevados valores de densidade real no substrato vermicomposto quando comparados com os estabelecidos por Abad *et al.* (2004) poderão ter inibido o crescimento da cultura.

Neste aspecto, obtiveram-se menores rendimentos em óleos com modalidades constituídas por vermicomposto (Tabela 17). Estas percentagens também influenciaram em grande parte a composição química dos óleos (Tabela 20).

Quanto às propriedades químicas, os elevados valores de condutividade eléctrica obtidos no vermicompostos antes da transplantação (Tabela 14) poderão também ter inibido o crescimento da cultura e originado baixos teores de biomassa se comparados também com os estabelecidos por Abad *et al.*, (2004).

Outro aspecto a salientar prende-se ainda com a eventual segregação de partículas de menores dimensões que se possam ter acumulado no fundo dos vasos utilizados durante os ensaios, provocando o aparecimento de uma zona pouco permeável e mal arejada podendo também ainda ter contribuído para a obtenção dos baixos valores de biomassa de *Thymus zygis* (Ribeiro *et al.*, 2001).

Os monoterpenos oxigenados, predominaram em todas as amostras de óleo (47,5-75,0%), sendo seguidos pelos hidrocarbonetos não oxigenados (23,3-40,0%). No entanto, as plantas que cresceram nas modalidades contendo VO 25-75 ou O 100 apresentaram os maiores valores de monoterpenos oxigenados e, conseqüentemente, os menores valores de monoterpenos não oxigenados (Tabela 21). Estas variações poderão também estar relacionadas com as propriedades físicas dos substratos.

O reduzido crescimento de plantas nas modalidades contendo vermicomposto coincidiu com valores superiores de p-cimeno e inferiores de timol. Estes dados poderão explicar, pelo menos em parte, os resultados de fraca produção de biomassa, sem formação de novas folhas facto comprovado por ensaios de Johnson *et al.*, (2004) no qual se relatou a tendência para um fraco crescimento das plantas, pelas mais baixas concentrações de timol detectadas em tais plantas.

Extrapolando os valores obtidos para $t\ ha^{-1}$ obtiveram-se as maiores produções de biomassa na modalidade VO 25-75 com $2,89 \times 10^{-1} t\ ha^{-1}$ tendo a menor produtividade sido registada na modalidade VO 75-25 com $3,0 \times 10^{-3} t\ ha^{-1}$ ao passo que o maior rendimento em óleos foi obtido na modalidade VO 25-75.

Em ensaios com percentagens crescentes em vermicomposto com erva-cidreira (*Melissa ssp.*) Sousa *et al.* (2003), obtiveram valores mais elevados de peso fresco e peso seco em modalidades com percentagens de 20% de vermicomposto o que está de acordo com o obtido na modalidade VO 25-75.

5.4. Análise Energética

Na análise energética em produção orgânica em alface Souza *et al.* (2006) obtiveram, no sistema orgânico, o *input* médio por ha de cultivo de $20,9 \times 10^3$ MJ, com um *output* de $66,8 \times 10^3$ MJ revelando uma eficiência energética superior a 1, ao passo que na produção convencional o *input* médio por ha foi de $21,4 \times 10^3$ MJ, com produção de $56,1 \times 10^3$ MJ de *output* originando uma eficiência energética de 2,62 e um balanço energético de $34,7 \times 10^3$ MJ.

Os valores obtidos pelos mesmos autores foram superiores aos obtidos nos ensaios para a *Lactuca sativa* em todas as modalidades. Nesta cultura a maior eficiência energética foi obtida na 1.^a campanha. Desta forma, para uma entrada no sistema de 1 MJ foram produzidos 0,135 MJ tendo sido a modalidade O 100, entre todas, a mais eficiente sob o ponto de vista energético em comparação com as restantes.

Na mesma cultura os *inputs* de origem directa – água e trabalho humano, representaram 0,93 e 86,35% do total de *inputs* na modalidade O 100 tendo representado 0,08 e 7,03% na modalidade V 100. Estas diferenças encontram-se relacionadas com os teores de nutrientes nos substratos tendo o vermicomposto aumentado a percentagem de *inputs* indirectos – substratos e tratamento fitossanitário ao passo que o aumento de *inputs* de origem directa se encontrou relacionado com o aumento do teor de turfa.

O somatório de todos os *inputs* energéticos de origem indirecta – substratos e tratamento fitossanitário, foram superiores aos *inputs* energéticos de origem directa – água e trabalho humano, nas duas culturas.

Deste modo, e extrapolando os valores obtidos para t ha⁻¹ em *Lactuca sativa* obtiveram-se os maiores *outputs* energéticos na modalidade VO 25-75 na 1.^a campanha com 3,56 MJ ha⁻¹ tendo o menor *output* sido registado na modalidade O 100 durante a 2.^a campanha com 0,55 MJ ha⁻¹.

Segundo Ozkan *et al.*, (2004), as eficiências energéticas obtidas em tomate (1,26), pimento (0,99), pepino 0,76 (pepino) e 0,61 (beringela) foram todas superiores à máxima obtida em *Lactuca sativa* durante os ensaios (Tabela 29).

É de prever ainda que a maior quantidade de nutrientes contida no vermicomposto tenha sido responsável pelos elevados valores de *inputs* registados originando-se directamente um maior consumo em nutrientes nas modalidades V 100 e VO 75-25 e menor eficiência energética.

Em ambas as culturas e em todas as modalidades não se chegou a produzir 1 MJ de energia na forma de *outputs* para 1 MJ de *input* (Tabela 29). As eficiências energéticas obtidas para *Lactuca sativa* foram inferiores ao estabelecido por Ozkan *et al.*, (2004) para culturas hortícolas em quer para o modo de produção convencional quer para o modo de produção orgânico.

Apesar de Mansvel *et al.*, (1998); Waldon *et al.*, (1998); Reganold *et al.*, (2001) e Poudel *et al.*, (2002) terem indicado nos seus estudos um aproveitamento mais eficiente de recursos e energia e directamente, uma taxa superior de conversão energética nos sistemas orgânicos de produção de culturas hortícolas, os dados obtidos nos ensaios não o veio confirmar, tendo a eficiência energética sido inferior em todas as modalidades (Tabela 29).

Também segundo Gândara (1998), no qual a eficiência energética obtida em modo de produção orgânico na cultura de alface revelou maior *input* obtido pelo trabalho humano (18%) e pela adubação orgânica (75%) os resultados dos ensaios indicaram um maior *input* nos nutrientes contidos nos substratos, 92% na modalidade V 100 e 9,08% na modalidade O 100 (Tabela 29).

Deste modo, entende-se que as propriedades físicas (capacidade de arejamento, água de reserva, espaço poroso total e densidade aparente) e químicas (matéria orgânica, matéria mineral e condutividade eléctrica) dos substratos tenham influenciado também os balanços e rendimentos energéticos nas culturas de *Lactuca sativa* e *Thymus zygis* uma vez que não se registaram incrementos de biomassa e óleos produzidos.

Poderia admitir-se que as maiores quantidades em matéria mineral registadas (Tabela 8) pudessem originar maiores produções e aumentar a eficiência, mas tal não se verificou, contrariamente ao obtido por diversos autores (Ozkan *et al.*, 2004, Mansvel *et al.*, 1998; Waldon *et al.*, 1998; Reganold *et al.*, 2001 e Poudel *et al.*, 2002) para culturas hortícolas).