

Sociedade Têxtil
Manuel Rodrigues Tavares, SA

Instituto Politécnico de Castelo Branco - Escola Superior Agrária

Utilização agrícola e compostagem de laminas de origem têxtil

Programa de Incentivos à Modernização da Economia (**PRIME**)
Sistema de Incentivos à Criação de Núcleos de Investigação e
Desenvolvimento Tecnológico no Sector Empresarial (**NITEC**)



Utilização agrícola e compostagem de lamas de origem têxtil

João Paulo Baptista Carneiro
Maria da Conceição Mesquita dos Santos
Filipe Alberto Marques da Silva Carreiro
Maria do Rosário Leitão Grácio de Oliveira
Armando Mateus Ferreira
Maria do Carmo S. Mendonça Horta Monteiro

Com a colaboração de:

António dos Santos Correia Faria
Aurora de Jesus Fernandes Poças
Carlos José da Silva M. A. Grácio
Maria Otília Bispo Baptista
Marta Sofia Solipa Batista

Índice

Índice de Figuras

Índice de Quadros

Nota introdutória

I - LAMASDEP

1.1. Sumário Executivo	9
1.2. Caracterização das lamas produzidas	10
1.2.1. Caracterização qualitativa das lamas produzidas	10
1.2.2. Caracterização quantitativa das lamas produzidas	12
1.3. Ensaio de incubação	12
1.3.1. Materiais e métodos utilizados	13
1.3.2. Apresentação e análise dos resultados	19
1.3.2.1. Evolução do teor de azoto	19
1.3.2.2. Evolução do teor de fósforo “assimilável”	25
1.3.2.3. Evolução de outros parâmetros de fertilidade	27
1.3.2.3.1. Matéria orgânica	27
1.3.2.3.2. pH	28
1.3.2.3.3. Condutividade Eléctrica	29
1.3.2.4. Emissão de gases com “efeito de estufa”	30
1.3.2.4.1. Óxido nitroso	30
1.3.2.4.2. Dióxido de carbono	33
1.3.2.4.3. Metano	35
1.4. Ensaio em vasos	38
1.4.1. Materiais e métodos utilizados	38
1.4.2. Apresentação e análise dos resultados	44
1.4.2.1. Produção de forragem	44
1.4.2.2. Aspectos qualitativos da forragem	49
1.4.2.2.1. Azoto	50
1.4.2.2.2. Fósforo	53

1.4.2.2.3. Cálcio	54
1.4.2.2.4. Magnésio	55
1.4.2.2.5. Metais pesados	56
1.4.2.3. Influência das lamas em características de diferentes solos	57
1.4.2.3.1. Matéria orgânica	58
1.4.2.3.2. pH	58
1.4.2.3.3. Condutividade eléctrica	60
1.4.2.3.4. Fósforo “assimilável”	61
1.4.2.3.5. Potássio “assimilável”	63
1.4.2.3.6. Bases de troca cálcio e magnésio	64
1.5. Conclusões	68
II - LAMASCOMPOST	
2.1. Sumário Executivo	72
2.2. Caracterização de resíduos	73
2.2.1. Caracterização qualitativa dos materiais iniciais	73
2.2.1.1. Lamas	73
2.2.1.2. Estilha de Eucalipto	76
2.2.1.3. Palha de Cereal	76
2.3. Ensaio de aplicação da tecnologia de compostagem resíduos	79
2.3.1. Metodologia	79
2.3.2. Monitorização do processo de compostagem	84
2.3.2.1. Temperatura	84
2.3.2.2. Humidade	89
2.3.2.3. Matéria orgânica	90
2.3.2.4. Razão C/N	91
2.3.2.5. pH	92
2.4. Avaliação da Qualidade do Composto final	93
2.5. Conclusões	95

Bibliografia

Anexos

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Evolução dos teores médios de azoto mineral no solo.	20
Figura 1.2 – Evolução dos teores médios de azoto mineral cedido pelas lamas.	21
Figura 1.3 – Evolução percentual média do azoto total disponibilizado pelas lamas.	23
Figura 1.4 – Estimativa do azoto potencialmente disponibilizado nos diferentes tratamentos.	24
Figura 1.5 – Evolução dos teores médios de fósforo “assimilável” nos diferentes tratamentos.	26
Figura 1.6 - Evolução dos teores médios de matéria orgânica nos diferentes tratamentos.	27
Figura 1.7 – Evolução dos valores médios de pH nos diferentes tratamentos.	28
Figura 1.8 – Evolução dos teores médios de condutividade eléctrica nos diferentes tratamentos.	29
Figura 1.9 - Evolução das transferências médias de óxido nitroso nos diferentes tratamentos.	31
Figura 1.10 – Transferências totais médias de óxido nitroso nos diferentes tratamentos.	31
Figura 1.11 – Relação entre transferência de óxido nitroso e quantidade de lamas aplicada.	32
Figura 1.12 – Emissões médias de dióxido de carbono nos diferentes tratamentos.	33
Figura 1.13 – Transferências totais médias de dióxido de carbono nos diferentes tratamentos.	34
Figura 1.14 – Transferências médias de metano nos diferentes tratamentos.	36
Figura 1.15 - Transferências totais médias de metano nos diferentes tratamentos.	37
Figura 1.16 – Produção média de matéria verde e de matéria seca no 1º corte.	45
Figura 1.17 – Produção média de matéria verde e de matéria seca no 2º corte.	46
Figura 1.18 – Produção média de matéria verde e de matéria seca no 3º corte.	47
Figura 1.19 – Produção total média de matéria verde e de matéria seca.	48
Figura 1.20 – Teores médios de azoto nas plantas nos diversos cortes.	50
Figura 1.21 – Valores médios de azoto recuperado dos fertilizantes.	52
Figura 1.22 – Teores médios de fósforo nas plantas.	53
Figura 1.23 – Teores médios de cálcio nas plantas.	54
Figura 1.24 – Teores médios de magnésio nas plantas.	55
Figura 1.25 – Teores médios de MO nas terras no final do ensaio em vasos.	59

Figura 1.26 – Valores médios de pH nas terras no final do ensaio em vasos.	59
Figura 1.27 – Relação entre quantidade de lamas incorporada e valor de pH.	60
Figura 1.28 – Valores médios de CE nas terras no final do ensaio em vasos.	61
Figura 1.29 – Teores médios de fósforo “assimilável” nas terras no final do ensaio em vasos.	62
Figura 1.30 – Teores médios de potássio “assimilável” nas terras no final do ensaio em vasos.	63
Figura 1.31 – Relação entre quantidade de lamas incorporada e teor em potássio “assimilável”.	64
Figura 1.32 - Teores médios da base de troca Ca^{2+} nas terras no final do ensaio em vasos.	65
Figura 1.33 - Teores médios da base de troca Mg^{2+} nas terras no final do ensaio em vasos.	66
Figura 1.34 – Valores médios de $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ nas terras no final do ensaio em vasos.	67
Figura 2.1 - Aspecto das Lamas	73
Figura 2.2 - Estilha de Madeira de Eucalipto	77
Figura 2.3 - Palha utilizada como agente condicionante	78
Figura 2.4 - Estação de Compostagem	79
Figura 2.5 - Compressor utilizado para os compostores ventilados	80
Figura 2.6 - Grelha e tubos de ventilação em anel colocados no fundo do compostor	81
Figura 2.7 - Sonda PT100 em cada compostor	81
Figura 2.8 - Exterior do Bastidor de controle e comando do sistema de ventilação	82
Figura 2.9 - Pormenor do interior do Bastidor de controle e comando do sistema de ventilação	82
Figura 2.10 - Exterior e pormenor da distribuição da tubagem de ventilação e Sondas PT100 para cada compostor	82
Figura 2.11 - Betoneira utilizada para a mistura dos vários componentes	83
Figura 2.12 - Triturador de palha	83
Figura 2.13 - Termómetro digital e respectiva sonda-agulha	85
Figura 2.14 - Evolução da temperatura nos compostores ventilados	86
Figura 2.15 - Evolução da temperatura nos compostores não ventilados	87
Figura 2.16 - Evolução do teor em Humidade nos compostores ao longo do ensaio	89
Figura 2.17. Evolução do teor em Matéria Orgânica nos compostores ao longo do ensaio	90
Figura 2.18 - Evolução da Razão Carbono/Azoto (C/N) nos compostores ao longo do ensaio	91
Figura 2.19 - Evolução do pH nos compostores ao longo do ensaio	92

Índice de Quadros

Quadro 1.1 – Parâmetros determinados, métodos utilizados e valores médios apurados nas análises efectuadas às lamas produzidas no Lavadouro Industrial de Lãs	11
Quadro 1.2 – Produção de lamas do Lavadouro Industrial de Lãs	12
Quadro 1.3 - Características das lamas utilizadas no ensaio de incubação	14
Quadro 1.4 - Características do solo utilizado no ensaio de incubação	14
Quadro 1.5 - Parâmetros determinados e métodos utilizados nas análises efectuadas ao solo	18
Quadro 1.6 - Características dos solos utilizados no ensaio em vasos	39
Quadro 1.7 – Características das lamas utilizadas no ensaio em vasos	40
Quadro 1.8 – Unidades de azoto aplicadas em cada um dos tratamentos considerados	41
Quadro 1.9 - Parâmetros determinados e métodos utilizados nas análises efectuadas às plantas colhidas no ensaio em vasos	43
Quadro 1.10 – Teores de Cu, Zn, Cr, Cd, Ni e Pb (mg kg^{-1}) medidos nas plantas, nos diferentes cortes.	57
Quadro 2.1 - Características físico-químicas das Lamas industriais têxteis	74
Quadro 2.2 - Características da Estilha de Madeira de Eucalipto	77
Quadro 2.3 - Características da palha	78
Quadro 2.4 - Valores médios para os parâmetros H (%), MO (%), COrg (%), NTotal (%), razão C/N, pH e CE relativos aos diferentes tratamentos, após 150 dias de compostagem	93
Quadro 2.5 – Teores médios de macro elementos presentes nos compostos finais	94
Quadro 2.6 - Teor médio de metais pesados nos compostos finais	95

Nota introdutória

Actualmente existe uma elevada consciencialização por parte da sociedade sobre a necessidade de melhor se preservar o meio ambiente. Este facto tem obrigado à adopção de políticas conducentes ao surgimento de unidades de tratamento de lixos e efluentes, de cuja laboração resulta a produção de importantes quantidades de resíduos sólidos orgânicos. Quer em Portugal quer na UE estes resíduos orgânicos têm tido como principal destino a deposição em aterros sanitários, mesmo aqueles classificados como biodegradáveis, ou seja, que podem ser sujeitos a decomposição anaeróbia ou aeróbia.

Diversas têm sido as intervenções legislativas comunitárias e Nacionais, no sentido de que as infra-estruturas criadas para deposição e eliminação de resíduos tenham cada vez mais um papel de fim de linha, e que sirvam exclusivamente para a deposição dos designados «resíduos últimos». Ou seja, preconiza-se uma estratégia de gestão integrada dos resíduos que conduza no futuro a necessidades de capacidade de deposição em aterro cada vez menores, privilegiando-se antes a adopção de medidas que reciclem e valorizem resíduos biodegradáveis.

A empresa Sociedade Têxtil Manuel Rodrigues Tavares SA insere-se numa região onde a actividade agrícola ainda assume uma importância económica e social relevante. Trata-se no entanto de uma zona caracterizada por possuir solos de um modo geral de baixa fertilidade, assumindo os custos dos tradicionais factores de produção um papel cada vez mais determinante no rendimento

auferido por essas populações e, conseqüentemente, na viabilidade futura dessa actividade.

As lamas produzidas no Lavadouro Industrial de Lãs da empresa têxtil anteriormente referida, pelas características que apresentam, podem constituir-se como um resíduo orgânico passível de ajudar a colmatar algumas das carências manifestadas pelos solos da região onde se localiza. Privilegiando-se a sua deposição ao solo de forma conscienciosa como principal destino, não só se implementará uma forma de gestão do resíduo desejável em termos ambientais, como se poderá promover na empresa um benefício económico resultante de uma redução de custos com o destino a dar ao resíduo e/ou uma mais-valia proveniente de uma eventual valorização do mesmo. Para além disso, facultar-se-á a agricultores da região acesso a um factor de produção susceptível de contribuir para um aumento da rendibilidade das suas explorações agrícolas e, dessa forma, capaz de ajudar na manutenção das suas actividades.

Visando o reforço das competências do Núcleo de I&DT da Sociedade Têxtil Manuel Rodrigues Tavares SA, nomeadamente ao nível do desenvolvimento de tecnologias que possam proporcionar uma valorização dos resíduos sólidos produzidos pela unidade fabril, foi celebrado pela Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco (ESA-IPCB) e pela Sociedade Têxtil Manuel Rodrigues Tavares SA, um Contrato de Transferência/Aquisição de Tecnologia, no âmbito do Sistema de Incentivos à Criação de Núcleos de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico no Sector Empresarial (NITEC), do Programa de Incentivos à Modernização da Economia (PRIME), do Ministério da Economia e da Inovação.

No âmbito do referido contrato, coube à ESA-IPCB estudar a possibilidade de valorização das lamas sob duas perspectivas: através da sua utilização agrícola em fresco, e através do seu tratamento pela compostagem. Deste modo, a ESA-IPCB propôs-se participar nos Projectos designados pelos acrónimos LAMASDEP e LAMASCOMPOST, através de apoio tecnológico ao nível da caracterização dos resíduos, realização de ensaios com estabelecimento de metodologias de monitorização que permitiram a identificação e quantificação de efeitos agro-ambientais resultantes da incorporação do resíduo no solo, e instalação de um sistema de compostagem monitorizado visando a obtenção e caracterização de compostados.

I - LAMASDEP

1.1. Sumário Executivo

No projecto designado pelo acrónimo LAMASDEP, para além de uma caracterização qualitativa e quantitativa das lamas produzidas pelo sistema de tratamento de efluentes do Lavadouro Industrial de Lãs, procedeu-se ao estudo da viabilidade da sua utilização na agricultura, sob o ponto de vista ambiental e agronómico.

Da caracterização realizada às lamas, identificaram-se aspectos importantes para a sua utilização agrícola. Refira-se em concreto a possibilidade de aproveitamento de nutrientes importantes na nutrição vegetal, como é o caso do azoto, potássio e cálcio. Com base nos valores limite de metais pesados estabelecidos no Decreto-Lei nº 188/2006 (1ª série) de 21 de Junho para lamas passíveis de utilização agrícola, não foram observadas limitações à sua aplicação ao solo relativamente aos elementos analisados

A contaminação de águas subsuperficiais por nitratos ou fenómenos de “eutrofização” de águas superficiais não são susceptíveis de ocorrer, devido à lenta transformação que o resíduo sofre no solo.

Da incorporação de lamas resultam perdas de azoto para a atmosfera na forma de óxido nitroso (N_2O). Ainda assim, em termos destas emissões, trata-se de um material bem mais eficiente do que muitas fontes de azoto tradicionais.

Emissões de carbono (C) na forma de metano resultantes da aplicação de lamas ao solo não têm praticamente expressão. A transferência de C para a atmosfera ocorre sobretudo na forma de dióxido de carbono, e acontece de forma mais expressiva quando se aplica resíduo numa quantidade superior a 10 t ha^{-1} .

Em termos agrícolas não será recomendável uma incorporação de lamas superior a 10 t ha^{-1} , devendo essa aplicação ser acompanhada da utilização de adubos minerais azotados.

A utilização agrícola das lamas nas quantidades recomendadas, não evitará uma normal fertilização orgânica dos solos, nem deverá promover qualquer redução na fertilização fosfatada em condicionalismos que a exijam. No entanto, pode propiciar uma redução no consumo de fertilizantes potássicos bem como de correctivos da acidez do solo.

II - LAMASCOMPOST

2.1. Sumário Executivo

O projecto designado pelo acrónimo LAMASCOMPOST, teve como objectivo a avaliar a viabilidade de aplicação do processo de compostagem como meio de tratamento e valorização das lamas produzidas pelo sistema de tratamento de efluentes do Lavadouro Industrial de Lãs, da empresa Sociedade Têxtil Manuel Rodrigues Tavares SA.

Os resultados do estudo efectuado apontam para a viabilidade técnica do tratamento das lamas por Co-compostagem com materiais que permitam corrigir a razão C/N da lama, pese embora o facto da grande dificuldade em efectuar misturas homogéneas de lamas com os restantes materiais. Tal limitação poderá no entanto ser ultrapassada, mediante uma desidratação prévia do resíduo mais eficaz, ou pela utilização de sistemas mecânicos de mistura.

Verificou-se também que é absolutamente necessário adicionar um agente estruturante que promova um adequado arejamento da mistura para que o processo se desenvolva de forma eficiente e, também, um agente condicionante para corrigir a Razão Carbono:Azoto. Embora a viabilidade técnica de tal solução seja uma realidade, torna-se necessário um estudo adequado de viabilidade económica desta alternativa de tratamento das lamas.

Os resultados obtidos apontam para condições mais favoráveis à compostagem para a mistura Lama:Palha numa proporção de 1:2, embora os resultados relativos à qualidade do produto final não tenham evidenciado diferenças significativas entre os diferentes tratamentos ensaiados.

Entra as vantagens do processo de compostagem, refira-se a acentuada redução do volume observada, em particular nas modalidades 1:2 e 1:1, na ordem de 5 para 1 em volume. Note-se no entanto que esta redução ocorre sobretudo no constituinte Palha.

Entre o arejamento natural e o arejamento forçado proporcionado, os resultados mostram não haver grandes diferenças nem ao longo do processo de compostagem, nem ao nível da qualidade dos produtos finais. Tal facto poderá ser atribuído a um deficiente funcionamento do sistema de arejamento forçado que não garantiu, tal como era esperado, maior rapidez do processo.