

Lamas do efluente de fábrica de celulose. Algumas soluções para o seu aproveitamento

MFN -0412

N CHAMADA:

TITULO: Lamas do efluente de fábrica de celulose. Algumas soluções para o seu aproveitamento

AUTOR(ES): VAZ, A.R.VALENTE, C.A.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 08. Meio Ambiente

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso anual de Celulose e Papel, 22

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 20-24.11.1989

IMPRESSA: Sao Paulo, 1989, ABTCP

PAG/VOLUME: p.623-641,

FONTE: Congresso anual de Celulose e Papel, 22, 1989, São Paulo, p.623-641

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: compostagem, resíduos sólidos, efluentes, sólidos em suspensão, lama, efluentes, aeração, meio de cultura, cogumelos

RESUMO: O presente estudo aborda duas alternativas de solução-utilização das lamas dos tratamentos primários de sedimentação das fábricas de celulose do grupo PORTUCEL. A solução de aterro, até agora seguida, apresenta muitos inconvenientes, pelo que se decidiu empreender duas linhas de pesquisa com vista ao estudo da possibilidade de transformação deste material em correctivo orgânico para a agricultura e da sua utilização como substrato para a cultura de cogumelos lenhícolas comestíveis. Seguindo um processo de compostagem, estudado e otimizado nos seus parâmetros fundamentais, consegue-se a obtenção de um produto final que, além das vantagens de correctivo húmico normal, tem ainda interesse para correção de solos ácidos, dado o seu teor em carbonato de cálcio. No relativo à utilização como substrato para cultura de cogumelos lenhícolas comestíveis, mostra o nosso estudo que estas lamas se adequam perfeitamente para o caso dos cogumelos *Pleurotus ostreatus* e *Agrocibe aegerita*, não sucedendo o mesmo com a espécie *Lentinus edodes* (shiitake). A cultura daqueles dois fungos é viável no substrato lamas tal-qual, desde que se proceda a uma suplementação azotada conveniente. Nestas condições, a eficiência de utilização do substrato e a produção de carpóforos é boa

LAMAS DO EFLUENTE DE FABRICO DE CELULOSE
ALGUMAS SOLUCOES PARA O SEU APROVEITAMENTO

António Rodrigues Vaz
Carlos Alves Valente
PORTUCEL - Empresa de Celulose e Papel de Portugal, EP -
Centro de Investigação - Eixo - Aveiro - Portugal

SUMARIO

O presente estudo aborda duas alternativas de solução-utilização das lamias dos tratamentos primários de sedimentação das fábricas de celulose do grupo PORTUCEL. A solução de aterro, até agora seguida, apresenta muitos inconvenientes, pelo que se decidiu empreender duas linhas de pesquisa com vista ao estudo da possibilidade de transformação deste material em correctivo orgânico para a agricultura e da sua utilização como substrato para a cultura de cogumelos lenhícolas comestíveis.

Seguindo um processo de compostagem, estudado e optimizado nos seus parâmetros fundamentais, consegue-se a obtenção de um produto final que, além das vantagens de correctivo húmico normal, tem ainda interesse para correcção de solos ácidos, dado o seu teor em carbonato de cálcio.

No relativo à utilização como substrato para cultura de cogumelos lenhícolas comestíveis, mostra o nosso estudo que estas lamias se adequam perfeitamente para o caso dos cogumelos Pleurotus ostreatus e Agrocibe aegerita, não sucedendo o mesmo com a espécie Lentinus edodes (shiitake). A cultura daqueles dois fungos é viável no substrato lamias tal-qual, desde que se proceda a uma suplementação azotada conveniente. Nestas condições, a eficiência de utilização do substrato e a produção de carpóforos é boa.

1. INTRODUÇÃO

As fábricas de celulose produzem um efluente final com uma carga apreciável de material sólido em suspensão. Os Centros Fabris Cacia e Setúbal do grupo PORTUCEL retiram anualmente cerca de 17000 toneladas (base seca) deste material - lamias - nos seus tratamentos primários de sedimentação. A descarga em aterro põe problemas ambientais, além de gastos com a respectiva movimentação, pelo que não pode ser considerada como solução definitiva.

A literatura da especialidade discute vários casos práticos. As soluções de aterro e incineração são, até agora, os processos mais largamente usados no mundo, não só para o caso específico da indústria da celulose, como também para destino de desperdícios, lixos e biomassas residuais em geral.

"Trabalho apresentado no 22º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 20 a 24 de Novembro de 1989"

As lamas da nossa indústria têm um alto teor em água e um baixo poder calorífico, de modo que a queima é inviável e só com combustível líquido adicional seria eventualmente praticável.

A aplicação das lamas como correctivo para solos é um tipo de solução que vem a ser praticado em alguns casos, nomeadamente com lamas de tratamentos primário e secundário em mistura, material este que possui já uma boa carga microbiana e nutrientes de fósforo e azoto. Não conhecemos, todavia, qualquer caso de aplicação directa de lamas de tratamento primário estremo aos solos, no que, aliás, se põem sérias reservas pela depressividade que ocasiona nas culturas. (A degradação da matéria lenho-celulósica das lamas no solo origina o consumo do azoto disponível neste e, portanto, cria uma consequente situação de carência para as plantas). A utilização desta biomassa pela agricultura terá, pois, de passar pela fermentação aeróbica - compostagem - do material lenho-celulósico, de modo a transformar esses componentes orgânicos em material húmico.

Foi nesta perspectiva que, perante o nosso caso muito prático de procura de uma solução útil para este problema, empreendemos o estudo da compostagem visando a obtenção de um correctivo orgânico para a agricultura. Dada a característica do material e a hipótese de ele poder vir a servir como substrato para a cultura de cogumelos lenhícolas ("white rot fungi"), empreendeu-se em simultâneo uma pesquisa nesta direcção. O presente estudo sintetiza parte do trabalho já efectuado, focando estas duas alternativas de solução-utilização para as lamas do tratamento primário.

2. - COMPOSTAGEM

A compostagem é uma prática muito antiga seguida pelos agricultores na conversão de detritos vegetais em material orgânico usado para promover a fertilidade do solo. É um processo dinâmico (Bidlestone, A.J. e Gray, K.R.- 1985) ocasionado pela actividade de uma sucessão de populações microbianas, cada uma das quais tem condições de desenvolvimento em ambientes de duração relativamente limitada. Nela estão envolvidos: (i) microflora (bactérias, actinomicetas, fungos, algas, virus); (ii) microfauna (protozoários); (iii) macroflora (fungos); (iv) macrofauna (aracnídeos, formigas, termites, baratas, vermes, outros) - isto é, alguns milhares de espécies desenvolvendo-se a níveis ou intervalos diferentes - psicrófilos a temperaturas inferiores a 20 °C, mesófilos entre 20 e 40 °C e termófilos acima de 40 °C. A macroflora e macrofauna que aparece na fase final da compostagem é essencialmente mesófila.

Dada a natureza do material a compostar, os parâmetros que se revestem de maior interesse no sentido de otimizar as condições que favoreçam a actividade microbiológica no processo são: porosidade, relação C/N e temperatura. Estudadas estas, interessa avaliar a importância da fase de maturação do composto e a eficácia agronómica do mesmo, o que nos nossos ensaios efectuámos com as espécies Avena strigosa (aveia preta) e Lolium perene (azevém perene).

Os sistemas de compostagem por arejamento forçado e por remeximento mecânico ("windrow") são também abordados no sentido de verificar qual a prática mais ajustada ao nosso material.

PARAMETROS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Como se pode verificar no gráfico 1, as lamas apresentam uma predominância de material fino (68,8 % passa pelo crivo de 150 mesh). Deste modo, o recurso a um elemento de porosidade revela-se fundamental para que a massa a compostar contenha espaços de ar suficientes, de modo a que a circulação de ar na pilha se faça com relativa facilidade. Caracterizamos os vários elementos de porosidade usados: - cavacos de madeira e casca de pinho como grosseiros e serrim de madeira como finos.

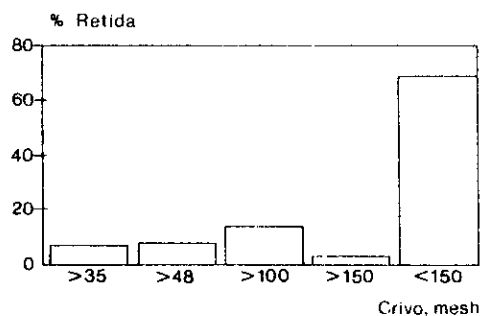


Gráfico 1 - Classificação fibrosa

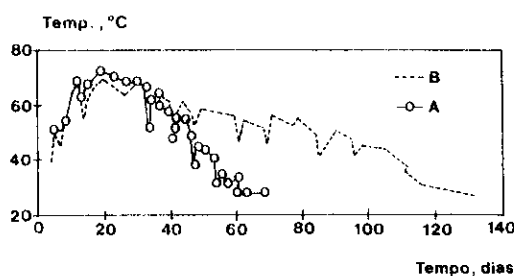


Gráfico 2 - Evolução da temperatura para pilha com casca pinho (A) e com serrim (B)

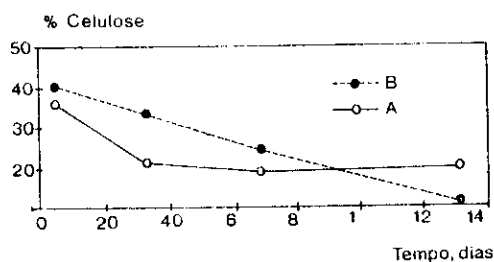


Gráfico 3 - Degradação da celulose para pilha com casca pinho (A) e com serrim (B)

No gráfico 2 estão representadas as curvas da evolução da temperatura para a compostagem com casca de pinho e com serrim e no gráfico 3 as curvas de degradação da celulose correspondentes. Verificámos que o ciclo de compostagem com elementos de porosidade grosseiros é mais curto. A degradação da celulose das lamas foi também mais rápida quando se usou um elemento de porosidade grosseiro. Isto sugere-nos que a fracção orgânica das lamas se encontra numa estrutura física tal que torna o ataque microbiológico mais facilitado para a pilha com elemento de porosidade grosseiro, enquanto que, na pilha com elemento de porosidade serrim, este também participa na reacção, retardando-a. Deste modo a velocidade de reacção é maior na pilha com elemento de porosidade grosseiro, se o relacionarmos com o consumo específico de oxigénio ("WO₂"), como mostram os gráficos 4 e 5.

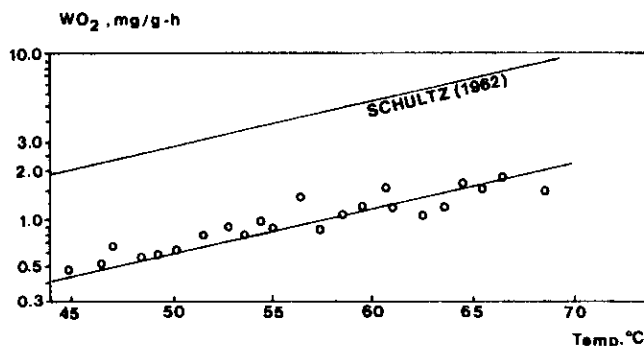


Gráfico 4 - Consumo específico de oxigénio para pilha com elemento de porosidade grosseiro

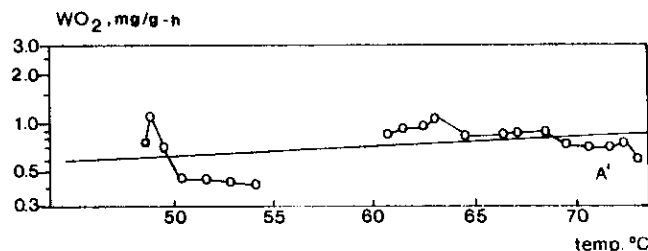


Gráfico 5 - Consumo específico de oxigénio para pilha com elemento de porosidade fino

No relativo à relação C/N, as lamas apresentam uma relação demasiado elevada (Quadro I) para que a compostagem decorra de modo favorável. A suplementação azotada foi estudada, tanto na forma de azoto a adicionar, como na quantidade mais apropriada. Em ensaios realizados com sulfato de amónio e com cianamida cálcica verificámos que os compostos obtidos a partir da fonte azotada amídica apresentaram um poder neutralizante demasiado elevado, o que poderá condicionar o leque de utilização; tal não aconteceu quando se usou a fonte azotada amoniacal.

Quadro I - Caracterização química das lamas dos tratamentos primário da Portucel

a) análise das lamas tal-qual (resultados expressos em % na base abs. seca)

- humidade (%).....	55 a 70
- cinzas a 475 + 252C	30 a 50
- azoto total (como N)	0.00 a 0.02
- fósforo assimilável (como P205)	0.05 a 0.10
- potássio (como K2O)	0.007 a 0.010

- celulose	30 a 50
- hemicelulose	7 a 10
- lenhina	1 a 2

- análise elementar:	
. carbono (como C)	23 a 27
. azoto (como N)	0.00 a 0.02
. relação C/N	>1150

b) análise de extracto aquoso (*) (resultados expressos em mg/Kg na base abs. seca)

- cloretos (como Cl-)	600 a 1000
- sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	0 a 1500
- sódio (como Na ₊)	900 a 1200
- cálcio (como Ca ²⁺)	1800 a 2600
- magnésio (como Mg ²⁺)	1300 a 2050
- alcalinidade à fenolftaleína (como meq/l de OH-)	100 a 125

(*) Extracto obtido de 10g de lamas (base abs.seca) em 100 ml de água destilada, em contacto durante 72 h.

Apresentam-se no Quadro II os valores do poder neutralizante para diferentes compostos.

Quadro II - Poder neutralizante de vários compostos

Fonte azotada	Sulfato amónio		Cian. cálcica	
	casca	serrim	cavacos	serrim
Elem. Porosidade				
Poder neutralizante				
CaO, %	33.6	29.1	75.0	61.0

Em relação à quantidade de azoto necessária, verificámos que o teor deste elemento não se reflectiu significativamente na evolução geral do processo de compostagem nem nas características finais dos compostos, usando quantidades de 0,1% e 0,3% de N, através de sulfato de amónio. O Quadro III mostra os níveis de degradação de sólidos voláteis e de celulose em duas pilhas.

Quadro III - Degradação para duas pilhas com diferentes teores azoto usados na mistura inicial

	% degradação	
	Pilha 0,1% N	Pilha 0,3% N
Sólidos voláteis	57.7	52.2
Celulose	69.5	65.9

A inactivação dos microorganismos pelo excesso de temperatura é um fenómeno corrente em compostagem não controlada, onde temperaturas superiores a 70°C são, por vezes, atingidas. Se estes picos de temperatura se mantêm por determinado período de tempo, surge a inactivação de fungos, actinomicetes e outros microorganismos não resistentes. Esta inactivação provoca atrasos na compostagem, em particular na degradação de polímeros como a celulose, hemicelulose e lignina (de Bertoldi et al. - 1982 b).

Em ensaio de compostagem efectuado em reactor "batch" de 0.35 m³ com arejamento forçado, fazendo variar o caudal de arejamento de 3 l/min (reactor 1) e 7 l/min (reactor 2), verificámos que, aumentando a taxa de arejamento, a compostagem decorre a temperaturas mais baixas, com maior consumo específico de oxigénio e uma maior taxa de degradação. Observando o gráfico 7 para o reactor 1 e relacionando-o com a respectiva curva de temperatura (gráfico 6), parece-nos que estamos perante um fenómeno de inactivação por temperatura, uma vez que o "WO₂" diminui a partir do momento em que se atingiu o pico de temperatura, o que não aconteceu no reactor 2.

Confirma-se ainda neste ensaio que esta inactivação terá afectado a taxa de degradação, como se verifica pelo Quadro IV.

Quadro IV - Taxas de degradação finais para os reactores 1 e 2

REACTOR	Sólidos Voláteis	Celulose
	%	%
1	18.5	33.9
2	30.5	39.8

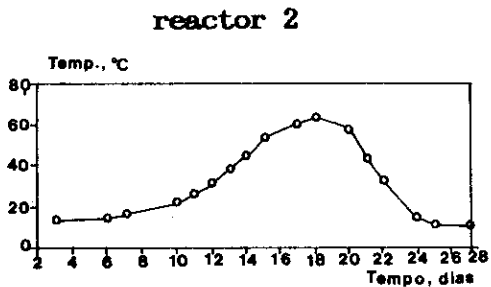
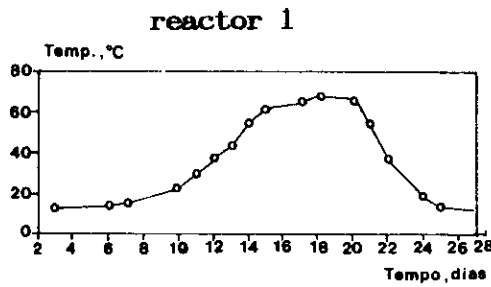


Gráfico 6 - Evolução da temperatura nos reactores 1 e 2

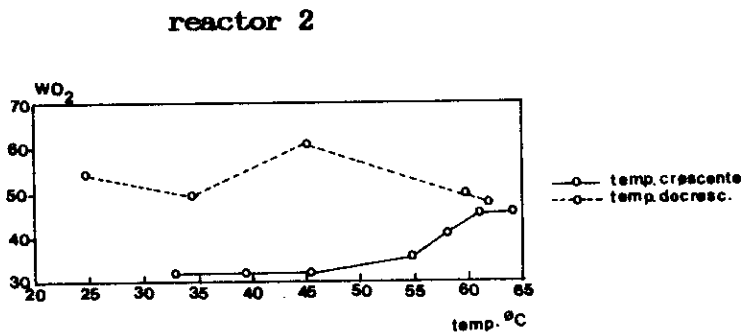
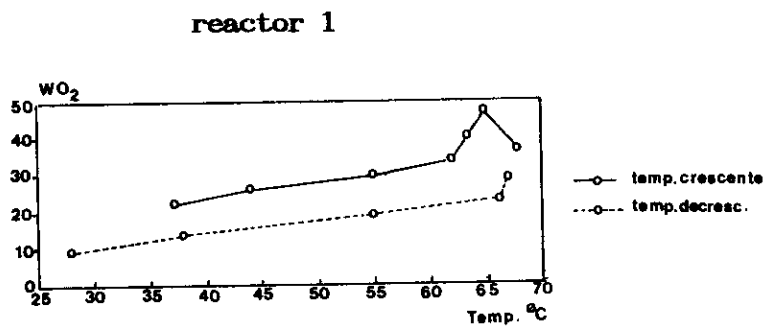


Gráfico 7 - Variação da taxa de consumo específico de oxigénio com a temperatura nos reactores 1 e 2

Analisemos agora o problema da maturação no processo de compostagem. A incorporação no solo de matéria orgânica não humificada pode causar problemas nas raízes das plantas (Zucconi et al. - 1971). Isto é válido para qualquer tipo de resíduo orgânico. Este problema tem sido atribuído à elevada relação C/N e ao teor de amónia no solo (Golueke - 1977). Recentemente Zucconi et al. demonstraram a presença de toxinas durante a biodegradação da matéria orgânica. Esta toxicidade persiste em extractos aquosos dos compostos, esterilizados e sem amónia. Os metabolitos intermédios da biodegradação podem actuar a nível radicular originando uma situação de "stress", devido às energias gastas pelas plantas na adaptação do seu sistema radicular ao novo meio. As plantas poderão inclusivamente morrer se a dose de toxinas for letal.

Efectuámos vários ensaios de vasos em que avaliámos as produções de aveia (Avena strigosa) pela aplicação de lamas em processo de compostagem. Foram feitos ensaios semanais e sempre com as mesmas modalidades: terra simples (testemunha) e terra mais lamas. Neste ensaio, (ver gráfico 8) verificámos que a biodegradação das lamas exerceu influência na sua eficácia agrónómica e só ao fim de aproximadamente 105 dias as lamas proporcionaram produções superiores à testemunha.

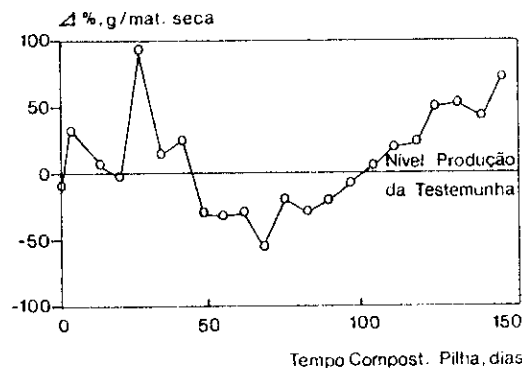


Gráfico 8 - Variação percentual ($\Delta\%$) da produção de aveia pela aplicação de lamas em processo de compostagem

É possível avaliar o grau de compostagem de um determinado composto através do teste de toxicidade latente com Lepidium sativum, preconizado por Zucconi. A toxicidade latente é avaliada pelo índice de germinação (I.G.) que entra em linha de conta com o comprimento das raízes atingido durante o ensaio e a percentagem germinativa desta planta.

No gráfico 9 a letra F corresponde a um composto obtido de lixos urbanos e as letras BA e G correspondem a compostos obtidos de guanos avícolas. As restantes letras correspondem a compostos obtidos de "lamas celulósicas". Os compostos F, G e BA apresentaram índices de germinação mais baixos que os compostos de lamas. De facto, os compostos F, G e BA são obtidos por compostagem deficiente e incompleta, enquanto que os compostos de lamas foram produzidos em condições que julgamos correctas e, inclusivamente, sujeitos a fase de maturação apropriada.

Em ensaio de vasos realizados com estes compostos verificámos que os correctivos F e G, sobretudo, originaram situações de "stress" em Avena strigosa; a maior parte das plantas morreu tendo as sobreviventes recuperado muito tardiamente, prejudicando desse modo a produção.

Verifica-se deste modo que para além da optimização do controlo dos parâmetros fundamentais da compostagem, a fase de maturação é de grande importância para a obtenção de um produto estabilizado e sem toxicidade para as plantas.

REMEXIMENTO MECÂNICO VERSUS AREJAMENTO FORÇADO

Nos gráficos 10 e 11 podemos visualizar a evolução da temperatura e da degradação da celulose em duas pilhas de lamas submetidas a dois sistemas de compostagem diferentes: remeximento mecânico (gráfico 10) e arejamento forçado (gráfico 11). O Quadro V apresenta os teores de celulose para as duas pilhas ao longo do tempo de compostagem. Verificámos que neste ensaio o sistema de compostagem por arejamento forçado, e com um caudal de 0,6 m³/Kg S.V./dia, apresentou as seguintes vantagens em relação ao sistema por remeximento mecânico:

- a) Redução do tempo de compostagem para cerca de metade;
- b) Controlo da temperatura, principalmente na zona de "pico", o que favoreceu a acção microbiológica;
- c) Mais rápida degradação da celulose. No dia 67 a pilha com remeximento apresentava uma diferença percentual (Δ %) na degradação de celulose, em relação ao valor inicial, de -44%, enquanto que no dia 69, a pilha com arejamento forçado apresentara um valor de - 67%. Neste caso confirmou-se, mais uma vez, que o arejamento forçado pode controlar a temperatura e conduzir a uma mais rápida degradação da fracção celulósica das lamias.

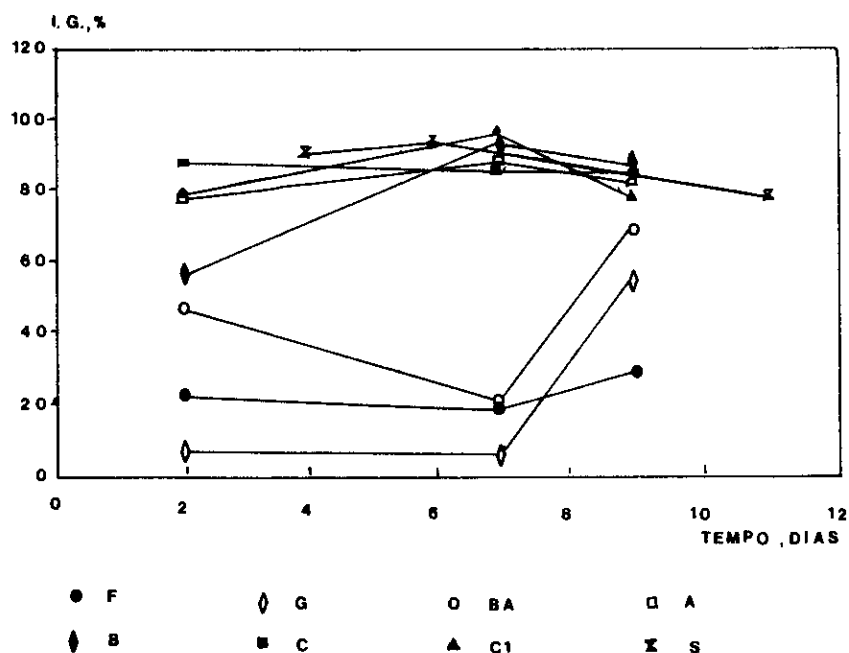


Gráfico 9 - Índice de Germinação (I.G.) de diferentes compostos orgânicos

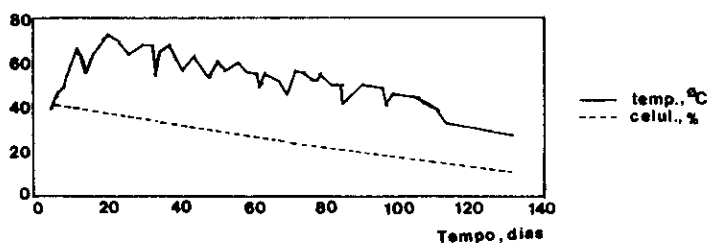


Gráfico 10 - Evolução da temperatura e celulose na pilha com remeximento

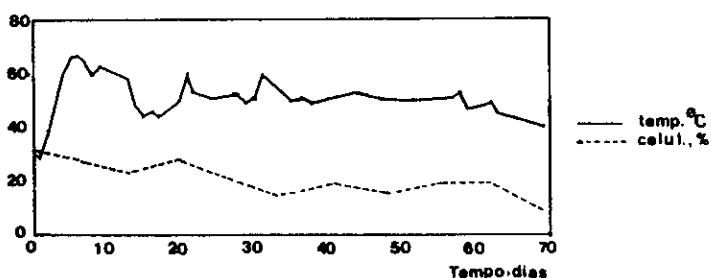


Gráfico 11 - Evolução da temperatura e celulose na pilha com arejamento forçado

Quadro V - Tabela de degradação da celulose

Dia	Celulose, %	
	Remeximento	Arej. Forçado
0	43.0	31.1
4	40.7	-
6	-	28.7
31	33.4	-
34	-	15.7
67	24.2(-44 %)	-
69	-	10.4(-67 %)
130	11.4	-

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DOS COMPOSTOS OBTIDOS

O Quadro VI apresenta as características, em valores médios, dos compostos obtidos nos ensaios realizados. Os números entre parêntesis correspondem ao número de compostos de onde se obteve a respectiva média. No Quadro VII apresentamos também os teores em metais pesados e os valores limite aceitos por um organismo dos EUA e da CEPAC. Verifica-se que os teores encontrados, quer para as lamas, quer para os compostos obtidos, estão aquém desses valores.

No Quadro VIII apresentam-se as produções médias de aveia e azevém em ensaios realizados com compostos de lamas e outros existentes no mercado de outras proveniências. Julgamos que, no geral, os compostos de lamas proporcionam produções que os colocam numa situação de competitividade com os compostos resultantes de lixos urbanos.

Quadro VI - Características dos compostos de lamas

TIPO DE COMPOSTAGEM	ARREJAMENTO FORÇADO				REMEXIMENTO MECÂNICO	
	PILHA ESTÁTICA		BATCH			
FONTE AZOTADA	SULFATO AMÔNIO				SULFATO AMÔNIO	
	CAVACOS	SERRIM	SERRIM	S/AGENTE POR.	SERRIM	CASCA PINHO
Humidade, %	48.5(7)	56.0(2)	58.7(3)	62.2(1)	3.8(3)	41.5(1)
pH	7.5(7)	7.4(2)	7.4(3)	7.45(1)	7.6(3)	7.0(1)
Cinzas, %	74.2(7)	52.4(2)	51.0(3)	76.4(1)	78.7(3)	56.0(1)
Matéria orgânica, %	26.0(7)	47.5(2)	49.1(3)	13.6(1)	21.3(3)	44.0(1)
Carbono orgânico, %	18.6(4)	24.1(2)	26.4(3)	7.6(1)	-	25.5(1)
Relação C/N	17.7(7)	32.5(2)	40.3(3)	14.4(1)	27.7(3)	36.4(1)
Carbonatos, CaCO ₃ , %	40.0(6)	-	-	-	35.0(2)	-
Azoto total, %	0.7(7)	0.8(2)	0.7(3)	0.58(1)	0.43(3)	0.7(1)
Celulose, %	15.7(3)	-	-	-	-	19.0(1)
P, P ₂ O ₅ , ppm	715.0(7)	744.5(2)	376.0(3)	848.0(1)	1138.2(3)	1600.0(1)
K, K ₂ O, ppm	285.2(7)	454.0(2)	227.0(3)	288.0(1)	301.0(3)	508.0(1)
Poder neutralizante, CaO, %	14.6(1)	18.1(2)	20.3(3)	27.4(1)	29.1(1)	33.6(1)

Quadro VII - Concentrações em metais pesados

<u>Amostra</u>	<u>Cd</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Hg</u>	<u>Ni</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>
Terras usadas nos ensaios							
-amostra n/refª 05/86	0.4	0.1	14.0	-	9.3	42.0	42.0
-amostra n/refª 16/86	0.0	2.4	2.4	-	0.0	0.0	19.4
Lamas tal-qual							
-amostra n/refª 05/86	0.6	4.0	77.4	-	21.5	5.7	60.2
-amostra n/refª 35/85	21.0	21.0	13.0	-	-	43.0	73.0
Compostos							
-amostra n/refª							
T-11/86 (RM)	1.0	2.5	17.6	-	20.8	31.0	61.5
-amostra n/refª							
T-11/86 (CN)	0.9	2.4	16.5	-	19.0	13.0	39.0
-amostra n/refª							
T-11/86 (EIXO)	1.4	6.0	18.0	-	24.0	29.0	36.0
Estrume							
-n/refª 05/86	0.2	0.1	20.8	-	3.8	5.7	87.1
Correctivo org.comercial	0.7	17.0	431	-	39.0	126	1080
Nível máximo admitido, segundo EPA/FDA Standards accepted by the State of Maine							
	10	1000	1000	10	200	700	2000
Valores limite da concentração em lamas para a agricultura, segundo a Directiva do Conselho nº 86/278/CEE da CEPAC							
	20		1000	16	300	750	2500
	a	-	a	a	a	a	a
	40		1750	25	400	1200	4000

Quadro VIII - Ensaio agronômico-produções obtidas em vários ensaios

<u>ENSAIO Nº</u>	<u>TESTEMUNHA</u>	<u>CORRECTIVOS COMERCIAIS</u>		<u>CORRECTIVOS DE LAMAS CELULOSICAS</u>									
		<u>Lixos Urbanos</u>	<u>Grupo Avícolas</u>										
1-Azevém, g/vaso	2.6	9.5	-	-	11.3	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Azevém, g/vaso	5.3	1.9	-	-	-	8.6	-	-	-	-	-	-	-
3-Aveia, g/vaso	3.3	1.4	-	-	-	8.3	-	-	-	-	-	-	-
4-Azevém, g/9m ²	1000.0	1500.0	-	-	-	2100	-	-	-	-	-	-	-
Ensaio Campo													
5-Azevém, g/9m ²	3900.0	3700.0	-	-	-	-	4000	-	-	-	-	-	-
Ensaio Campo													
6-Aveia, g/vaso	14.8	15.5	34.8	64.1	-	-	-	7.8	13	22.8	27.1	28.8	-

Analiseamos, para finalizar, as características dos solos onde foram aplicados compostos de lamas. As alterações verificadas pela aplicação de vários compostos (A, B, C, Cl e S) na dose de 20 t/ha de matéria seca estão referidos no Quadro IX.

Também se realizaram ensaios demonstrativos em propriedades de agricultores, que de vontade própria e bastante interesse resolveram testar o nosso composto de lamas. Os resultados estão resumidos no Quadro X.

Quadro IX - Características do solo após a aplicação de compostos de lamas

MODALIDADES	TEST	A	B	C	C1	S
pH	6.1	7.3	7.4	7.4	7.5	7.4
Matéria orgânica, %	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5
Azoto kjeldhal, N, ppm (mg/Kg)	196.0	280.0	252.0	196.0	224.0	252.0
Azoto amoniacal, N, ppm (mg/Kg)	14.0	18.0	14.0	11.0	14.0	14.0
Fósforo assimilável, P ₂ O ₅ , ppm (mg/kg)	189.0	195.0	198.0	189.0	200.0	200.0
Potássio assimilável, K ₂ O, ppm (mg/Kg)	28.0	20.0	18.0	20.0	30.0	32.0
Magnésio, Mg, ppm (mg/Kg)	8.0	15.0	16.0	13.0	16.0	17.0
Alumínio extraível p/KCl, Al	Vest	Vest	Vest	Vest	Vest	Vest
Carbonatos totais, CaCO ₃ , %	0.14	0.51	0.50	0.54	0.47	0.33
Condutividade 1:5, uS/cm ⁻¹ , 20 °C	138.0	164.0	599.0	530.0	358.0	473.0

Quadro X - Ensaio de campo - Características dos solos após aplicação de compostos de lamas

Terreno nº	pH (H ₂ O)		Mat.orgânica, %		Carbonatos totais, %	Textura	Dose aplicada ton/ha *
	inicial	final	inicial	final			
2	4.9	6.1	4.5	4.6	0.5	Lig.	20
3	5.6	7.4	6.3	8.0	3.8	Fina	20
4	5.1	6.7	4.5	5.0	2.1	Média	40
8	4.8	7.3	4.0	4.8	3.9	Fina	40
28	5.6	7.1	5.0	5.8	1.5	Lig.	15
29	5.4	6.9	4.9	5.0	2.2	Fina	40
32	4.7	7.2	3.3	3.7	1.7	Fina	40
37	5.2	7.4	2.7	4.5	8.5	Fina	40

* composto tal-qual

Dos ensaios efectuados verificámos que o composto resultante de lamas apresenta bastante interesse como correctivo do pH do solo, tendo uma acção semelhante à de um calcário dolomítico, para além dos teores de azoto, fósforo e potássio que fornece às plantas e à matéria orgânica que incorpora no solo.

CONCLUSÃO

Do presente trabalho podemos concluir que as lamas dos tratamentos primários dos Centros Fabris da PORTUCCEL são perfeitamente compostáveis, obtendo-se produtos finais com interesse para a agricultura, desde que se respeitem determinadas condições inerentes à técnica de compostagem. No que concerne aos aspectos técnicos do processo, apresentamos a seguir as conclusões mais importantes:

Porosidade: O serrim retarda o tempo de compostagem e origina menores taxas de degradação em relação aos cavacos;

Relação C/N: A percentagem de azoto de 0.1%, usando sulfato de amónio é suficiente para que a compostagem decorra normalmente;

Remeximento/Arejamento forçado: A compostagem com arejamento forçado reduz o tempo necessário à biodegradação das lamas e controla a temperatura;

Maturação: Esta fase deve ser considerada de extrema importância para que o composto possa ser aplicado no solo sem causar toxicidade nas plantas;

Características físico-químicas: Os correctivos obtidos apresentam para além das vantagens de um correctivo húmico normal interesse especial na correcção de solos ácidos, dado o teor em carbonato de cálcio. Os teores em metais pesados estão abaixo dos valores limite referidos nas directivas da CEE.

3. CULTURA DE COGUMELOS LENHICOLAS COMESTÍVEIS

APRESENTAÇÃO

Em Portugal os únicos cogumelos cultivados em escala industrial são o Agaricus bisporus e o Agaricus bitorquis (Sobral, J. - 1987). O consumo português per capita é muito inferior ao da maior parte dos países.

A cultura de outros cogumelos é muito antiga no mundo, remontando por exemplo a cultura de Lentinus edodes, no Japão, ao século II d.c. (Singer, R. - 1964). Na Europa o cultivo de Agrocybe aegerita e Pleurotus ostreatus remontam ao século XVI (Ferri, F. - 1973) e princípios do século XX (Zadrazil, F. - 1978), respectivamente. O substrato originalmente e ainda hoje usado para a cultura destes fungos é a madeira em toros das espécies em que normalmente se desenvolvem. Só recentemente se encarou a hipótese da utilização de substratos artificiais. Estes fungos, Basidiomicetas, como resultado da sua anatomia e complexo enzimático particular, penetram na madeira originando a despolimerização dos seus constituintes, (celulose, hemicelulose e lignina), utilizando os produtos formados como fontes de carbono e energia (Eriksson, K.E. e Kirk, T.K. - 1985).

Dada a composição lenhocelulósica das lamas da indústria de celulose, estas poderão vir a constituir uma nova matéria prima, mais económica, para a produção destes fungos, desde que se estabeleçam as condições ideais de cultura e se determine qual a melhor suplementação do substrato, de modo a proporcionar o seu enriquecimento e proteína em lípidos.

TECNICA EXPERIMENTAL

As estirpes usadas foram provenientes de colecção existente na Estação Florestal Nacional - Oeiras - Portugal.

Como inóculo usámos grãos de aveia colonizados pelos respectivos fungos. A taxa de inoculação foi de 10%. As lamas usadas no ensaio foram colhidas no tanque de sedimentação do tratamento primário do efluente do C.F. Cacia da PORTUCEL. O Quadro XI apresenta as características mais relevantes das lamas e o Quadro XII os correspondentes teores em metais pesados.

Foi estudada a produtividade das lamas relativamente ao pH, contrapondo o valor médio deste parâmetro nas lamas - 8.2 e 8.6 - ao correspondente ao óptimo fisiológico médio para os três fungos, aproximadamente 6.5. Depois de estudadas outras fontes acidificantes

optámos pelo uso do ácido sulfúrico concentrado.

Quadro XI - Caracterização de lamas dos tratamentos primários da Portucel e outros substratos

	amostras de		
	lamas tal-qual	substrato na base de palha de trigo e estrume, usado em instalação	
		industrial	substrato gasto do ensaio PN5L0
humidade	55 a 70%	27.4%	-
pH (em KCl)	8.2 a 8.6	7.1	8.7
cinzas a 475 +25 9C (base amostra abs seca)	33 a 50%	22.8%	56.2%
sólidos voláteis a 550 9C -15 min (base amostra abs seca)	- 63%	40.3%	42.2%
carbonatos (com CaCO ₃) (base amostra abs seca)	25 a 50%	0.6%	3.8%
carbonatos nas cinzas (como CaCO ₃)	- 83%	9.9%	59.2%
análise elementar			
.carbono (como C)	23 a 37	-	-
.azoto (como N)	0.00 a 0.02	-	-
.relação C/N	> 1150	-	-

O enriquecimento das lamas foi feito à base de bagaço de soja (42-44% proteína, 1-2% de lípidos e 13% de humidade). As doses aplicadas foram de 0%, 2%, 5% e 10% relativamente ao peso seco das lamas.

As lamas foram autoclavadas a 121 9C. O tempo foi de 60 min. para as lamas sem suplementação azotada e 120 min. para as lamas com suplementação. Em todos os casos foram feitas três esterilizações com intervalo de um dia. Usaram-se blocos de 2 kg de lamas tal-qual. O desenvolvimento do micélio do fungo nas lamas - incubação - realizou-se a 25 9C e às escuras. Uma vez incubados, os blocos foram retirados dos sacos plásticos e mantidos a uma temperatura de 15 9C, 95% de humidade relativa e colocados sob lâmpadas grow-lux de 36W. A produção de carpóforos, por bloco, foi colhida e pesada à medida que iam ocorrendo nos vários surtos. Por cada um dos três fungos estudados consideraram-se várias modalidades, cada uma com 10 repetições. Nos quadros que se seguem e no relativo à notação adoptada, a 1ª letra refere-se à espécie, a 2ª letra (N) à implementação azotada, que se fez variar de 0 a 10% e a 3ª letra que se refere à correcção (L0 - lamas sem correcção de pH e L6.5 - lamas com correcção de pH a 6.5). Com a espécie Pleurotus ostreatus efectuaram-se dois ensaios, E1 e E2 para as modalidades PN0L0, PN2L0 e PN5L0. Para os outros dois fungos apenas se efectuou um ensaio.

Pleurotus ostreatus

Na incubação deste fungo nas lamas verificou-se no ensaio E1 uma colonização do substrato ao fim de 25-40 dias e no ensaio E2 ao fim de 15-27 dias. Em qualquer dos casos, os maiores períodos de incubação corresponderam às modalidades sem suplementação azotada. A correcção do

pH não teve qualquer influência no tempo de incubação. Este fungo frutificou por surtos (S1, S2 e S3), cujas produções foram diminuindo até se extinguirem. As eficiências de utilização do substrato (EUS), expresso em g de cogumelos frescos/100 g de substrato seco encontram-se registradas nos Quadros XIII e XIV.

Quadro XII - Concentrações em metais pesados

Amostra	Concentrações expressas em ppm (mg do elemento/kg da amostra aba seca)						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Lamas tal-qual							
- amostra n/ref# 05/86	0.6	4.0	77.4	21.5	5.7	60.2	-
- amostra n/ref# 16/86	21.0	21.0	13.0	-	43.0	73.0	-
- amostra n/ref# 11/88	-	-	-	-	-	-	0.2
Substrato na base de palha de trigo e estrume de cavalo usado em instalação industrial							
	1.0	2.7	16.7	7.3	0.3	70.1	-
Cogumelos							
- 1ª colheita do ensaio PN5L0	2.0	3.0	20.0	6.0	6.0	80.0	0.1
- 2ª colheita do ensaio PN5L0	1.0	8.0	11.2	1.1	5.6	67.5	-
- colheita do ensaio PN5L6.5	0.7	1.2	8.4	1.1	6.7	84.8	-
- amostra de Agaricus bisporus comercial	0.3	4.0	21.0	8.0	7.0	80.0	0.1
Substratos gastos do ensaio PN5L0	0.1	0.3	0.8	7.6	0.9	10.1	0.5
Concentrações máximas admissíveis segundo o Codex Alimentarius *							
	-	-	5	-	0.3	5	

*Concentrações expressas na base dos alimentos frescos

O Codex Alimentarius ainda só apresenta especificações para os elementos: As, Cu, Fe, Pb, Sn e Zn. De um modo geral a soma dos teores de Cu, Fe e Zn não deverá exceder os 20 mg/kg

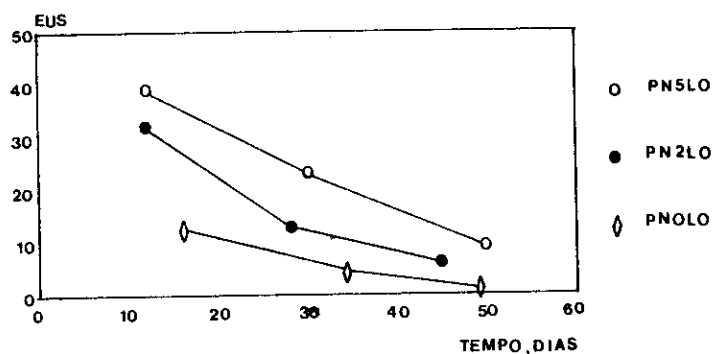
Quadro XIII - Pleurotus ostreatus: EUS para E1

tratamentos	EUS (g/cogumelos <u>P. ostreatus</u>)					% SI relativamente a EUS		
	S1	S2	S3	$\frac{M}{M}$ Si	$\frac{N}{M}$ Si	XS1	XS2	XS3
PN0L0	13	5	1	19	18	66	28	6
PN2L0	32	13	6	51	45	62	25	13
PN5L0	39	23	9	71	62	55	32	13
PN10L0	62	26	7	95	89	66	27	7
PN0L6.5	10	5	1	16	15	65	30	5
PN2L6.5	20	12	9	41	32	48	30	22
PN5L6.5	35	21	4	60	56	56	37	7
PN10L6.5	58	30	10	96	88	60	27	13

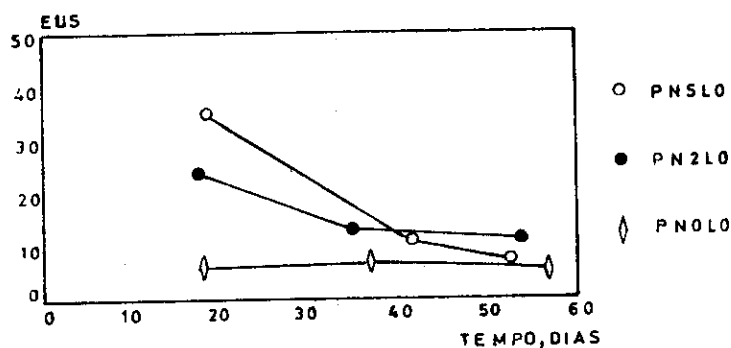
Quadro XIV - Pleurotus ostreatus: EUS para E1 e E2

	EUS									
	S1		S2		S3		Si		Si	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
PN0L0	13	6.9	5	7.4	1	6	19	20	18	14
PN2L0	32	24	13	13.1	6	11.5	51	49	45	37
PN5L0	39	36	23	10.9	9	8	71	55	62	47

Os gráficos 12 e 13 mostram as produções (EUS) em função do tempo. O andamento das curvas é idêntico para ambos os ensaios com tendência, todavia, para ser menor no ensaio E2. O gráfico 14 mostra, por sua vez, que a produção cresce com a percentagem de suplemento azotado para lamias com e sem correção de pH. O gráfico 15 permite-nos visualizar a relação entre a produção de vários surtos para a modalidade PN5L0.



**Gráfico 12 - P.ostreatus:
EUS ao longo do tempo para E1**



**Gráfico 13: P.ostreatus:
EUS ao longo do tempo para E2**

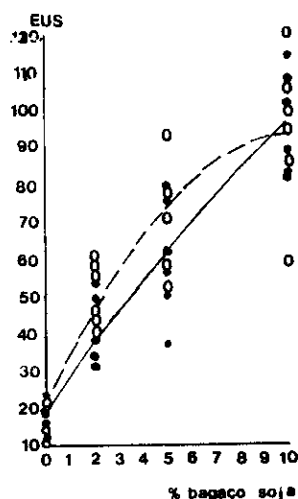
No relativo a metais pesados, constata-se pelo Quadro XII que estes teores são muito baixos e, portanto, não são motivo de preocupação.

Lentinus edodes

Contrariamente ao P.ostreatus, o L.edodes não mostrou fácil adaptabilidade às lamias. Quanto à incubação, os menores tempos foram de 30 a 50 dias e para as modalidades com correção do pH e suplementação azotada.

A produção de carpóforos foi praticamente nula e em todas as modalidades. O insucesso verificado poderá estar relacionado com vários

aspectos, que vão desde a natureza do substrato até condições de ordem ambiental.



---○--- Lamas tal-qual
 ---●--- Lamas pH corrigido

Gráfico 14: P.ostreatus: EUS versus suplementação azotada

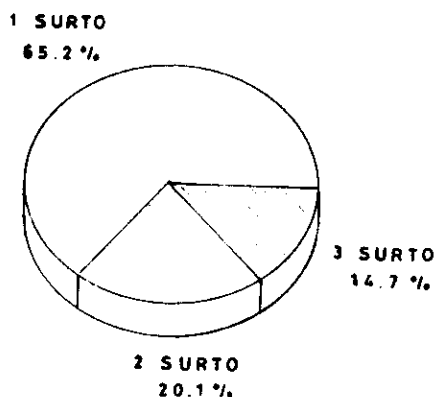


Gráfico 15: P.ostreatus: relação entre as produções de vários surtos para PN5L0

Agrocibe aegerita

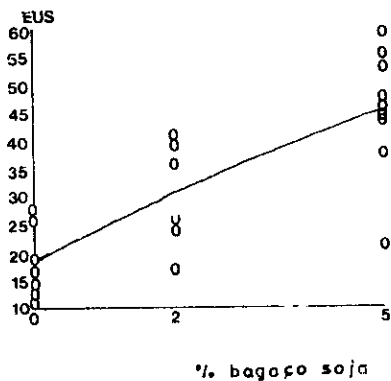
Verificou-se, à semelhança do P.ostreatus, que a velocidade de colonização aumenta com a diminuição da razão C/N do substrato, não parecendo que a correcção do pH tenha também alguma influência.

Não foi possível realizar o ensaio na totalidade. Apresenta-se no Quadro XVI a EUS para as modalidades ensaiadas. A formação de carpóforos ocorreu em todas as modalidades e aumentou com a diminuição da razão C/N do substrato, como mostra o gráfico 16.

Quadro XV - A. aegerita: EUS (Produções médias)

tratamentos	EUS (g cogumelos frescos/100 g substrato seco)				Σ Si	X Si relativamente a EUS			
	S1	S2	S3	S4		Xs1	Xs2	Xs3	Xs4
AN0L0	13	5	0	0	18	72	28	0	0
AN2L0	18	8	3	0	31	67	27	6	0
AN5L0	30	11	5	0	46	68	22	10	0
AN10L6.5	27	11	5	5	48	57	24	11	8

Gráfico 16 - A. aegerita: EUS versus suplementação azotada



A produção do primeiro surto (S1) corresponde a mais de 50% da produção total em todas as modalidades.

CONCLUSÕES

As lamas obtidas nos tratamentos primários dos efluentes da PORTUCEL adequam-se bem como substrato de cultura dos fungos lenhólicos Pleurotus ostreatus, Agrocibe aegerita, o mesmo não tendo acontecido com o Lentinus edodes;

A adição de bagaço de soja às lamas proporciona aumento de produção de carpóforos.

A correcção do pH não interfere com o aumento da produção.

Relativamente ao P. ostreatus, a sua eficiência de utilização em lamas é muito semelhante à verificada em palha de trigo e carolo de milho, quando suplementadas com 10% de bagaço de soja.

BIBLIOGRAFIA

ALPERT, Joel E.; EPSTEIN, Eliot e DE GROOT, Carol [1982]
Composting offers alternative for effluent plant sludge disposal,
Pulp & Paper, 56(11): 127-129

DE BERTOLDI, M.; RUFILI, Anna; CITTERIO, Barbara e CIVILINI,
Marcello [1988]
Composting Management: A new process control through O2 feedback
Waste Management & Research, 6: 239-259

FORTE, M. [1980]
Messa punto di un bioassaggio per lo studio della tossicità della
sostanza orgánica in via di compostaggio, B.S. Thesis - University of
Pisa

JORDAN, E.C. [1984]
Pulp and paper mill sludges in Maine: A characterization study

MUELLER, J.C. e GAWLEY, J.R. [1983]
Cultivation of Phoenix mushrooms on pulp mill sludges,
Mushroom Newsletter for the Tropics, 4(1): 3-12

- PEREIRA, F.J.; MATOS, E.M.; VALENTE, C.A.; VAZ, A.R. e GUEDES, M.L.P.M. [1988]
Tratamento de lamas do tratamento primário do fabrico de pasta para papel: Compostagem em pilhas com arejamento forçado, 1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, Aveiro, Universidade de Aveiro, 22-24 Fevereiro 88, 2º vol.: 817-827
- PEREIRA, F.J.; MATOS, E.M.; VALENTE, C.A.; VAZ, A.R. e GUEDES, M.L.P.M. [1988]
A compostagem de lamas do tratamento primário da indústria de papel - Um caso de estudo, II Congresso Ibero-Americano de Resíduos Sólidos, Lisboa, Laboratório Nac. Engª Civil, 26-29 Setembro 88
- PEREIRA, F.J.; MATOS, E.M.; VALENTE, C.A. e VAZ, A.R. [1987]
Compostagem de lamas do tratamento primário do efluente do fabrico de pasta para papel, 2º Encontro Nacional de Saneamento Básico, Matosinhos, Associação Portuguesa p/ Estudos Saneamento Básico, 13-16 Dezembro 87: 491-519
- PEREIRA, F.J.; VALENTE, C.A.; MATOS E. e VAZ, A.R. [1986]
Compostagem de lamas primárias do fabrico de papel: Ensaio PEA 4 (Controlo de temperatura) - AMB-RS-5/86
- PEREIRA, F.J.; VALENTE, C.A.; MATOS, E. e VAZ, A.R. [1986]
Compostagem de lamas do tratamento primário de efluentes do fabrico de pasta de papel - AMB-RS-1/86
- SOBRAL, J.; BASTOS, M.S.; VALENTE, C.A.; VAZ, A.R. e CARVALHO, A.P. [1988]
Lamas do efluente de fabrico de celulose: Utilização para cultura do fungo lenhícola Pleurotus ostreatus, 1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, Aveiro, Universidade de Aveiro, 22-24 Fevereiro 88, 1º vol.: 288-29
- TOKIMOTO, K. e KOMATSU, M. [1978]
Biological nature of Lentinus edodes - The biology and cultivation of edible mushrooms (CHANG, S.T. e HAYES, W.A., ed.), New York, Academic Press
- VALENTE, C.A.; VAZ, A.R. e CARVALHO, A.P. [1987]
Compostagem de lamas do efluente de fabrico de celulose: Uma solução para aproveitamento como correctivo de solos, Informação APESB (Ass. Portuguesa p/ Estudos San. Básico), 32: 7-1
- VALENTE, C.A.; VAZ, A.R. e CARVALHO, A.P. [1987]
Composting pulp mill sludge, BioCycle, 28(6): 46-49
- VAZ, A.R. [1985]
Estudo das lamas dos tratamentos primários dos Centros Fabris da Portucel (Relatório Interno)
- VAZ, A.R. [1985]
Estudo das lamas do tratamentos primários da Portucel (Relatório Interno)
- VAZ, A.R. [1986]
Compostagem das lamas do tratamento primário - Testes agronómicos de compostos (Relatório Interno)

VAZ, A.R. [1988]

Aspectos sobre a utilização de correctivos orgânicos na agricultura
(Relatório Interno)

ZADRAZIL, F. [1978]

Cultivation of Pleurotus - The biology and cultivation of edible mushrooms (CHANG, S.T. e HAYES, W.A., ed.), New York, Academic Press

ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M. e DE BERTOLDI, M. [1981]

Evaluating toxicity of immature compost, BioCycle, 22(2): 54-57

ZUCCONI, F.; MONACO, A. e FORTE, M.

Phytotoxins during the stabilization of organic matter, Paper nº 13