



MUSAMI

OPERAÇÕES MUNICIPAIS DO AMBIENTE E.I.M. S.A.

Geramos valor para a natureza



RESILIÊNCIA DO POTENCIAL
PRODUTIVO DO SUBSTRATO ORGÂNICO
DA **MUSAMI** (SO-MUSAMI)
NO 5º ANO APÓS A SUA APLICAÇÃO



OUTUBRO 2024



Projeto financiado pela MUSAMI - OPERAÇÕES MUNICIPAIS DO AMBIENTE, EIM, SA

RELATÓRIO ELABORADO POR:

Carlos Manuel de Arruda Pacheco - Professor do ISA/UTL

COM A COLABORAÇÃO DE:

André Oliveira - Mestre em Engenharia Agronómica pelo ISA/UTL

Azeitão, 30 de outubro de 2024



ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
4. CONCLUSÕES	19



1. INTRODUÇÃO

Em maio de 2020, a **MUSAMI**, em parceria com o proprietário do terreno, instalou em Santa Bárbara, ilha de São Miguel-RAA, um campo de ensaio, com cerca de 1,5ha, vocacionado para a produção da rotação “azevém x milho forrageiro”, constituído pelos tratamentos A (fertilização de conforto em NPK) e B (fertilização orgânica com SO-MUSAMI). Em 2023, a restante parcela de terreno, com cerca de 1,5ha, foi também fertilizada com SO-MUSAMI, passando a constituir o tratamento C.

O presente relatório, trata, especificamente, da produção do 5º ano e sintetiza os rendimentos obtidos ao longo dos 5 anos de experimentação e do modo como a precipitação ao longo do ciclo cultural do milho influencia o rendimento da cultura. À colheita do milho foram avaliadas as variáveis biométricas associadas ao sistema planta com o objetivo de determinar a produtividade final e as diferenças nos comportamentos entre os tratamentos A, B e C.

O sistema solo tem sido estudado morfológica e analiticamente ao longo dos 5 anos, mas, no presente relatório, o foco foi colocado apenas na resiliência e distribuição do SO no perfil cultural do solo, bem como na afinidade e estímulo (quimiotropismo) exercida sobre os sistemas radiculares do azevém e do milho.

No presente relatório, são abordados conceitos como os de precipitação efetiva, intensidade da precipitação, capacidade de retenção de água, reserva hídrica útil efetiva, taxa de infiltração do solo, escorrência superficial e erosão hídrica.



2. MATERIAL E MÉTODOS

O campo de ensaio constituído pelos tratamentos A e B é formado por dois blocos (I e II) de terreno transversais ao sentido N-S (oceano-montanha). O bloco I, localizado no topo da parcela, caracteriza-se por apresentar no sentido N-S menor declive do que o bloco II. Ambos os blocos são constituídos por 2 parcelas, alternando as parcelas do A com as do B. Cada parcela de formato retangular apresenta 20m de largura e 50m de comprimento.

As cultivares têm variado com os anos. Em 2024 semeou-se a cultivar LG 30500, Ciclo 500, da LUSOSEM.

As doses (kg/ha) de fertilizantes (NPK) aplicados no A têm variado com os anos e ajustadas em função dos resultados das análises do solo, evoluindo para menor aplicação de potássio. Em 2024 o tratamento A recebeu como adubo (20-17-0 de NPK) de cobertura, pós lavoura e antes da passagem do rotoparra, 114,72kg/ha de N e 97,51kg/ha de P₂O₅ e 0 (zero) kg/ha de K₂O; à sementeira no semeador de precisão, como adubo (28-8-10 de NPK) 43,02kg/ha de N, 17,2 kg/ha de P₂O₅ e 21,51kg/ha de K₂O, no total de 157,74 kg/ha de N, 114,71kg/ha de P₂O₅ e 21,51kg/ha de K₂O.

Nos tratamentos B e C, o protocolo não prevê a adição de fertilizantes minerais, mas em 2024, por negligência do prestador de serviços, a adubação associada à sementeira no tratamento A, foi, inadvertidamente, estendida aos restantes tratamentos.

Os dados da precipitação total, subdividida pelas fases do ciclo cultural, têm sido analisados ao longo dos anos com a finalidade de avaliar a influência no rendimento da cultura. Há falta de uma estação meteorológica na proximidade do local, tomou-se como referência os dados meteorológicos registados pela estação da MUSAMI localizada no aterro sanitário do concelho de Ponta Delgada.

O foco do estudo, ao longo dos cinco anos, têm-se centrado na produção do milho forrageiro e resiliência do SO no solo, negligenciando a cultura do azevém.

No tratamento B, aplicaram-se 40kg/m² de SO-MUSAMI incorporado com charrua de dois ferros trabalhando à profundidade média dos 25cm de profundidade. Trata-se de um enriquecimento do solo em 1.98% de MO (o SO seco doseia 18% de MO). A mesma dose foi aplicada, em maio de 2023, no tratamento C. Na distribuição do SO sobre a superfície do terreno, recomenda-se o uso do distribuidor de estrume, em detrimento da distribuição com trator equipado com pá frontal, seguido de fresagem do solo superficial antes do enterramento com charrua.

A unidade de amostragem das plantas à colheita é formada por duas linhas de plantas adjacentes ao longo de 2m, correspondendo à área de 2,80m² (compasso de 0,7m), repetida 8 vezes por tratamento.

A monitorização incide sobre as seguintes variáveis biométricas: peso e número total das plantas por unidade de amostragem, peso total das componentes folhas, caules e maçarocas, altura média e teor em água à colheita da planta total e suas componentes.



Para a determinação dos teores em água, tomaram-se quatro subamostras representativas das folhas, caules e maçarocas, as quais foram postas a secar em tabuleiros de alumínio em estufa de produção hortícola (temperaturas máximas diárias no intervalo 50–55°C) durante 18 dias. Ao 14º dia, foram retiradas três (1 por tratamento) subamostras de folhas, caules e maçarocas para secagem em estufa a 70°C.

Modo processual:

- Tomada de subamostras representativas de folhas, caules e maçarocas, sua pesagem e colocação em tabuleiros de alumínio;
- Tempos de pesagens: Início, ao 14º dia e 18º dia;
- Secagem em estufa a 70°C durante 72 horas de 9 amostras (3 folhas, 3 caules, 3 maçarocas).

Cálculos:

- Teores em água aos 14º e 18º dias;
- Teores em água de amostras secas em estufa hortícola durante 14 dias e, posteriormente, colocadas durante 72 horas em estufa a 70°C;
- Adição aos teores em água determinados ao 18º dia a perda em água das amostras secas em estufa a 70°C durante 72 horas.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reserva hídrica útil do solo da parcela, na espessura rizosférica por excelência (0-35cm), é da ordem dos 52,5mm (15% x 0,35m), tomando em consideração a elevada percentagem em elementos grosseiros (≈ 20 a $\approx 30\%$). No ecossistema em estudo a atividade radicular das plantas - azevém, leguminosas e milho - não excede os 40cm de profundidade, devido à elevada compactidade gerada pelo sistema de cultivo na camada (25-35cm).

O período cultural do ciclo do milho forrageiro estende-se de maio a setembro, período caracterizado por pluviometria insuficiente para a satisfação das necessidades potenciais da cultura e distribuição muito aleatória, ocorrendo com frequência precipitações diárias e horárias muito elevadas, as quais excedem a taxa de infiltração do solo gerando escorrência e forte erosão hídrica.

Estimamos que, as necessidades em água, no ecossistema "clima-solo" local, do milho à floração se enquadre no intervalo de 3 a 5mm/dia, por comparação com o ecossistema "clima-solo" do Alentejo em regime de regadio, no qual a evapotranspiração, medida pelo método do balanço hídrico do solo, se situa entre os 8 a 12mm/dia.

A morfologia do milho à colheita, caracteriza-se por plantas em estado muito avançado de secagem (foto 1), com as folhas abaixo da inserção das maçarocas totalmente secas, mais avançado em A do que em B e C.



Foto 1: Evidencia o estado de secura muito acentuado das plantas de milho à colheita (realizada 10 dias após a amostragem de plantas)



Na tabela 1, apresentamos os teores em água das amostras registradas no processo de secagem fracionada.

Tabela 1- Secagem fracionada e teores em água.

Tratamentos	Diferença entre os teores em água ao 14° e 18° dias		
	Folhas (%)	Caules (%)	Maçarocas (%)
A=B=C	1,93	5,69	2,76
Perda de água em estufa a 70°C durante 72 horas			
A=B=C	5,36	5,23	14,91
Teores em água em estufa de produção ao 18° dia			
A	34,60	55,33	15,80
B	37,33	57,49	17,18
C	31,80	47,54	15,71
Teores totais em água (%)			
A	39,96	58,56	30,71
B	42,69	62,72	32,69
C	37,17	52,77	30,62

No processo de secagem fracionada, primeiro em estufa de plástico de produção hortícola, depois complementada em estufa de secagem (70°C) durante 72 horas, verificamos que os teores em água dos caules representam cerca do dobro das maçarocas, e estas com teores em água significativamente inferiores às folhas. Contudo, na estufa a 70°C a perda de água das maçarocas é cerca de 3 vezes superior à das folhas e caules, estas muito semelhantes entre si.



No final, os teores em água dos caules são significativamente maiores do que nas folhas e nestas superiores aos das maçarocas, sendo as diferenças entre os tratamentos pequenas. Não foi possível colocar, por mais tempo, as amostras com maçarocas em estufa a 70°C, para confirmação se estas atingiram peso constante. Em 2023, os teores em água do milho à colheita, plantas verdes, foi substancialmente mais elevado do que o registrado em 2024, plantas muito secas, sendo as diferenças médias de 29,01% na planta total, 32,40% nas folhas, 22,19% nos caules e 27,40% nas maçarocas.

Os resultados da produção por hectare de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS) da planta total e das componentes folhas, caules e maçarocas, bem com os teores em água e as proporções percentuais das componentes relativamente à planta inteira, são apresentados nas tabelas 2.a) a 2.c).

Tabela 2.a) - Produção de matéria verde e seca da planta total e componentes

Tratamentos	Produção (t/ha)		Produção das componentes da planta (t/ha)					
	Planta total		Folhas		Caules		Maçarocas	
	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca
A	29,53	17,59	3,71	2,23	9,11	3,78	16,71	11,58
B	48,93	26,31	6,00	3,44	20,07	7,48	22,86	15,39
C	37,82	22,68	4,61	2,90	14,75	6,97	18,46	12,81

Verificamos que o tratamento B produziu comparativamente a A e a C mais 19,40t/ha e 11,11 t/ha, respetivamente de biomassa verde e mais 8,2t/ha e 3,63 t/ha de matéria seca, diferenças essas muito significativas. As diferenças entre B e C, podem ser atribuídas à menor espessura rizosférica e maior declive de C comparativamente a B.

Tabela 2.b) - Teores em água da planta total e componentes

Tratamentos	Teores em água (%)			
	Planta total	Folhas	Caules	Maçarocas
A	40,43	39,96	58,56	30,71
B	46,23	42,69	62,72	32,69
C	40,03	37,17	52,77	30,62



Verificamos que os caules apresentam teores em água bastante mais elevados do que as folhas e estas teores mais elevados do que as maçarocas. O teor em água da planta total foi calculado com base nas massas totais da matéria verde e da matéria seca, esta resultante do somatório das componentes folhas, caules e maçarocas.

O teor em água à colheita do tratamento B é significativamente superior ao dos tratamentos A e C, estes semelhantes entre si, valores esses coincidentes com a observação morfológica e reveladores do maior conforto hídrico do tratamento B, situação essa, sendo os solos diferentes apenas nos teores em MO, demonstrativa da elevada capacidade de retenção de água do SO que, em maio de 2020, enriqueceu o solo em cerca de 2% de MO. O horizonte Ap do solo do tratamento C apresenta maior teor em MO mas menor espessura efetiva do que o solo do tratamento A.

Nas fotos 2 e 3, respetivamente tratamentos A e B, mostra-se o contraste da cor do solo do perfil cultural (0-25/30cm), muito mais escura em B do que em A, diferença essa atribuída à forte presença do SO em setembro de 2024.



Foto 2: Perfil cultural do solo do tratamento A, pós colheita. Espessura do solo rizosférico de 25cm, com muitas raízes grossas médias e finas regularmente distribuídas. Solo muito compactado na espessura 25-40cm com raras raízes finas.



Foto 3: Perfil cultural (0-25/30cm) do solo do tratamento B, pós colheita, com muito SO (pontuações de cor escura) distribuído regularmente por todo o volume rizosférico. Muitas raízes grossas médias e finas regularmente distribuídas em todo o volume rizosférico mas mais concentradas nos microvolumes do solo mais enriquecidos em SO (quimiotropismo). Camada 25/30-40cm muito compacta com poucas raízes profundantes.

Tabela 2.c) - Proporção percentual das folhas, caules e maçarocas

Tratamentos	Proporção percentual da planta inteira e suas componentes							
	Planta inteira		Folhas		Caules		Maçarocas	
	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca
A	100	100	12,56	12,68	30,85	21,49	56,59	65,83
B	100	100	12,26	13,07	41,02	28,43	46,72	58,50
C	100	100	12,19	12,79	39,00	30,73	48,81	56,48



Verificamos que o peso percentual, expresso em matéria verde, das maçarocas é cerca de 3,8 vezes superior às folhas e significativamente superior aos caules. Quando o peso percentual é expresso em matéria seca a relação maçarocas/folhas é cerca de 4,5 vezes superior e a relação maçarocas/caules cerca do dobro. Não foi analisada a relação entre peso dos grãos versus (camisas + carrilho).

O rendimento forrageiro final por hectare de terreno é influenciado pela densidade de plantas à colheita e está diretamente relacionada com a densidade de sementes à sementeira. Do mesmo modo que, para a mesma cultivar, a altura das plantas é uma variável que reflete o desenvolvimento da mesma. Na tabela 3, apresentamos o número médio de plantas por hectare, bem como a altura média.

Tabela 3 - Número médio de plantas/ha e altura média.

Tratamentos	Nº médio de plantas/ha	Desvio padrão	Altura média das plantas	Desvio padrão
A	91 517	5 629	2,47	0,13
B	87 053	5 030	2,93	0,04
C	93 303	4 530	2,79	0,14

O tratamento B apresenta, em média, menos plantas que C e A, mas as diferenças não são significativas. A altura das plantas do B é superior a C e a A, mas significativa apenas relativamente a A. Tudo indica que o prestador de serviços regulou o semeador para o compasso de 0,7m (confirmado) e afastamento entre sementes de 0,16m (provável) correspondendo a 89 285 sementes por hectare, valor este próximo do valor médio de plantas/ha registado à colheita.

A avaliação da produtividade ao longo dos 5 anos, em rigor, deve ser feita com base na matéria seca, porque à colheita os teores em água variam de ano para ano e entre tratamentos. Contudo, os valores dos teores em água adotados (70% em 2020) ou monitorizados não são igualmente robustos (diferenças no processo de secagem), razão pela qual a análise será feita tanto sobre a matéria verde como sobre a matéria seca, pese embora os produtores tratem este assunto na base da MV. Na tabela 4, apresentamos a produção ao longo dos 5 anos, expressa em t/ha da MV e MS.

Tabela 4 - Produção de biomassa de milho forrageiro (t/ha) ao longo dos 5 anos

Tratamento	Estado	2020	2021	2022	2023	2024
A	MV	36,00	58,10	71,29	41,04	29,53
	MS	15,37	25,28	31,23	13,55	17,59
B	MV	45,70	72,54	90,60	79,81	48,93
	MS	19,52	31,55	39,68	20,87	26,31
Diferença (B-A)	MV	9,70	14,44	19,31	38,77	19,40
	MS	4,15	6,27	8,45	7,32	8,72



Verificamos que ao longo dos 5 anos de estudo a produtividade do tratamento B comparativamente a A, tanto em MV como em MS, foi sempre significativamente superior.

A produtividade forrageira anual está sempre muito dependente da precipitação total ocorrida ao longo do ciclo cultural da planta, bem como da sua distribuição pelas fases do ciclo. Porém, precipitação total não é sinónimo de precipitação efetiva, sendo esta aquela que contribui para o aumento da água armazenada no interior do solo, e calcula-se - versão simplificada - subtraindo à precipitação total a água perdida para fora do terreno por escorrência superficial. Sempre que a precipitação excede a taxa de infiltração do solo a água acumula-se temporariamente nas cavidades da superfície do solo (rugosidade) e quando a capacidade desta é excedida é escoada para fora do terreno.

O impacto das gotas de chuva, de energia variável com o diâmetro da gota e altura de queda, sobre o terreno desprovido de vegetação (solo nú) provoca a destruição dos torrões e agregados dispersando os elementos finos, os quais colmatam os poros, reduzindo a taxa de infiltração. Nestas condições, a alternância de períodos húmidos e secos promove a formação de crostas no solo superficial, as quais não só dificultam a emergência das plântulas como reduz drasticamente a taxa de infiltração incrementando a escorrência.

O udómetro, instalado nas estações meteorológicas, regista a precipitação ocorrida em períodos de tempo muito curtos (10s), integrando depois estes valores em minutos, horas e dias, permitindo uma análise mais fina da precipitação total de elevado interesse para maior assertividade na valorização dos fatores que influenciam a produção. A variável mais utilizada é a intensidade de precipitação na unidade horária do tempo. Comparando a taxa de infiltração característica do solo com a intensidade de precipitação horária dos eventos pluviométricos deduzimos a efetividade da chuva no aumento da água armazenada no solo e a taxa de escorrência.

Nas tabelas 5.a) a 5.e), apresentamos a precipitação total e a distribuição por fases do ciclo cultural, para os 5 anos de experimentação.

Tabela 5.a)- 1º ciclo cultural (2020): duração e precipitação

1º ciclo			Ano: 2020	
Fases	Início	Fim	Duração (dias)	Precipitação (mm)
Sementeira-emergência	12/06	23/06	12	35,8
Emergência-milho joalheiro	24/06	16/07	24	2,0
Milho joalheiro-floração	17/07	29/08	44	28,1
Floração-colheita	30/08	30/09	31	51,2
Total			111	117,1

Caraterização: sementeira muito tardia, período cultural muito seco, apenas com 117,1mm de precipitação, muito elevado défice hídrico nas fases da emergência-milho joalheiro e do milho joalheiro-floração.

**Tabela 5.b)- 2º ciclo cultural (2021):duração e precipitação**

2º ciclo			Ano: 2021	
Fases	Início	Fim	Duração (dias)	Precipitação (mm)
Sementeira-emergência	22/05	02/06	12	23,8
Emergência-milho joalheiro	03/06	01/07	29	107,3
Milho joalheiro-floração	02/07	14/08	44	14,4
Floração-colheita	15/08	29/09	46	114,0
Total			132	259

Caraterização: período cultural moderadamente chuvoso (259,5mm), mas com excesso de água na fase de emergência-milho joalheiro e acentuado déficit hídrico na fase do milho joalheiro-floração a mais longa (44 dias) e crítica.

Tabela 5.c)- 3º ciclo cultural (2022):duração e precipitação

3º ciclo			Ano: 2022	
Fases	Início	Fim	Duração (dias)	Precipitação (mm)
Sementeira-emergência	15/05	04/06	11	78,67
Emergência-milho joalheiro	05/06	09/07	35	48,86
Milho joalheiro-floração	10/07	19/08	41	10,36
Floração-colheita	20/08	08/10	49	145,43
Total			136	283,32

Caraterização: período cultural muito chuvoso (283,32 mm), mas com acentuado déficit hídrico na fase do milho joalheiro-floração muito longa (41 dias) e crítica e excesso de água na fase da floração-colheita.

Tabela 5.d)- 4º ciclo cultural (2023):duração e precipitação

4º ciclo			Ano: 2023	
Fases	Início	Fim	Duração (dias)	Precipitação (mm)
Sementeira-emergência	18/05	27/05	10	12,18
Emergência-milho joalheiro	27/05	02/07	36	152,34
Milho joalheiro-floração	03/07	20/08	49	19,07
Floração-colheita	21/08	16/09	18	71,08
Total			113	254,67

Caraterização: período cultural moderadamente chuvoso (254,67mm), com excesso de água na fase emergência-milho joalheiro, mas com acentuado déficit hídrico na fase do milho joalheiro-floração a mais longa (49 dias) e crítica.

**Tabela 5.e) – 5º ciclo cultural (2024): duração e precipitação**

5º ciclo			Ano: 20204	
Fases	Início	Fim	Duração (dias)	Precipitação (mm)
Sementeira-emergência	20/05	27/05	8	14,17
Emergência-milho joalheiro	28/05	11/07	45	118,87
Milho joalheiro-floração	12/07	12/08	32	17,76
Floração-colheita	13/08	21/09	41	38,98
Total			126	189,78

Caraterização: período cultural pouco chuvoso, com distribuição de chuvas muito desigual, excessivas no período emergência-milho joalheiro e deficitárias no período milho joalheiro-floração.

Nas tabelas 6.a) a 6.e), apresentamos os eventos meteorológicos mais relevantes e impactantes para a análise agronómica e ambiental, detalhando a distribuição da precipitação por períodos de maior pluviometria, com identificação dos dias e intensidades horárias de elevada pluviosidade. As intensidades horárias só estão disponíveis nos dois últimos anos.

Tabela 6.a) – 1º ciclo cultural (2020): períodos e dias dos eventos meteorológicos impactantes

1º ciclo cultural (2020): Períodos de elevada precipitação			
Período		Precipitação (mm)	
De 2 a 4 de junho		25,33	
De 13 a 15 de junho		31,32	
Dias com precipitação (mm) mais elevada			
Período	Precipitação (mm)	Período	Precipitação (mm)
22 de maio	9,33	15 de junho	16,68
3 de junho	6,27	5 de setembro	6,92
4 de junho	10,27	10 de setembro	24,40
13 de junho	14,61		

Período cultural (12/06 a 30/09) efetivamente muito seco, sem precipitações diárias impactantes, exceto a 10 de setembro.


Tabela 6.b) - 2º ciclo cultural (2021): períodos e dias dos eventos meteorológicos impactantes

2º ciclo cultural (2021): Períodos de elevada precipitação			
Período		Precipitação (mm)	
De 26 de agosto a 1 de setembro		55,37	
Dias com precipitação (mm) mais elevada			
Período	Precipitação (mm)	Período	Precipitação (mm)
26 de maio	20,62	31 de agosto	7,01
25 de junho	60,84	1 de setembro	10,20
26 de junho	33,39	26 de setembro	24,49
27 de agosto	10,35	17 de outubro	16,72
29 de agosto	17,52		

Período cultural (22/05 a 29/09) com eventos meteorológicos impactantes a 26 de maio, 25 e 26 de junho e 26 de setembro. Os eventos meteorológicos ocorridos a 25 de junho, cuja precipitação total foi de 60,84mm, encontram o solo ainda mal coberto pela cultura do milho, estado pré-jalheiro, determinam elevada escorrência de água e perda do solo.

Tabela 6.c) - 3º ciclo cultural (2022): períodos e dias dos eventos meteorológicos impactantes

3º ciclo cultural (2022): Períodos de elevada precipitação			
Período	Precipitação (mm)	Período	Precipitação (mm)
De 25 a 29 de abril	16,74	De 11 a 13 de junho	33,25
De 13 a 18 de maio	47,39	A 1 de setembro	46,07
De 28 a 31 de maio	75,83	De 6 a 11 de setembro	37,11
Dias com precipitação (mm) mais elevada			
14 de maio	18,85	7 de setembro	9,65
18 de maio	14,42	8 de setembro	8,60
28 de maio	26,90	1 de setembro	46,07
30 de maio	44,55	9 de setembro	8,69
12 de junho	24,53	23 de setembro	16,44
25 de agosto	12,64	17 de outubro	18,18
28 de agosto	7,91		

Período cultural (15/05 a 08/10) com precipitações diárias muito elevadas a 30 de maio (44mm/dia) e a 1 de setembro (46,07mm/dia), a 1ª com grande impacto sobre o solo (descoberto) e 2ª não (coberto) e elevadas nos dias 28 de maio e 12 de junho.

**Tabela 6.d) – 4º ciclo cultural (2023): períodos, dias e intensidade horária dos eventos meteorológicos impactantes**

4º ciclo cultural (2023): Períodos de elevada precipitação	
Período	Precipitação (mm)
De 19 a 20 de abril	24,80
De 30 de abril a 4 de maio (anterior à sementeira)	43,69
De 2 a 31 de maio (pós emergência)	49,84
De 4 a 16 de junho (a meio da fase milho joalheiro)	87,72
De 8 a 15 de outubro	55,15
Dias e hora de ocorrência de intensidades horárias elevadas (mm/h)	
24 de abril (dia)	21,34
28 de abril (dia)	26,68
30 de abril às 10h00	32,27
6 de junho às 16h00	22,11
6 de junho (dia)	62,29
21 de agosto às 3h00	22,20
26 de agosto às 2h00	17,36
30 de setembro	14,48
8 de outubro	17,62

Período cultural (18/05 a 16/09) muito húmido com precipitações elevadas nas fases pós emergência e emergência -milho joalheiro, com precipitações muito elevadas a 28 e a 30 de abril e excessiva a 6 de junho e intensidades horárias muito elevadas a 30 de abril, 6 de junho, 21 e 26 de agosto. Eventos meteorológicos desta amplitude são fortemente impactantes em termos ambientais pelas perdas de solo que originam por erosão hídrica.



Tabela 6.e) – 5º ciclo cultural (2024): períodos, dias e intensidade horária dos eventos meteorológicos impactantes

5º ciclo cultural (2024): Períodos de elevada precipitação			
Período		Precipitação (mm)	
De 2 a 8 de maio		43,29	
De 29 de maio a 3 de junho (logo após a emergência)		101,31	
Dias e hora de ocorrência de intensidades horárias elevadas (mm/h)			
Período	Precipitação (mm)	Período	Precipitação (mm)
30 de abril, às 10h00	19,58	30 de maio, às 6h00	4,07
6 de maio, às 8h00	8,21	30 de maio, às 7h00	5,81
7 de maio	12,09	30 de maio, às 8h00	8,25
7 de maio, às 7h00	4,56	1 de junho	42,98
30 de maio (precipitação ocorrida entre as 0h00 e as 8h00)	36,55	2 de junho	34,64
30 de maio, às 0h00	5,74	3 de junho	20,08
30 de maio, à 1h00	3,85	6 de junho, às 16h00	22,11
30 de maio, às 5h00	8,83	26 de agosto, às 2h00	17,36

Período cultural (20/05 a 21/09) em que nos 6 dias logo após a emergência ocorreram 101,31mm de precipitação, com precipitação muito elevada nos dias 30 de maio, 1, 2 e 3 de junho e intensidade extrema no dia 2 junho (34,64mm/h). Neste período a superfície do solo encontrava-se totalmente desprotegida, resultando em forte erosão hídrica, muito evidente pela presença de pequenos sulcos ao longo das linhas de sementeira (foto 4).



Foto 4: Evidência o fenômeno da erosão hídrica por sulcos pouco profundos na linha de sementeira.



Analisando a distribuição da precipitação por fases do ciclo, verificamos que em 5 anos ocorreram 3 (2021, 2023 e 2024) em que a precipitação foi excessiva, porque quando a intensidade horária da chuva excede a taxa de infiltração do solo e se a parcela apresenta boa drenagem externa, como é o caso, a água em excesso sai para fora da parcela por escorrência superficial, principal mecanismo do processo da erosão hídrica. Concluindo-se que a frequência (3 em 5) de períodos de tempo curtos muito chuvosos e de elevada intensidade é muito elevada, obrigando a uma reflexão profunda sobre o impacto ambiental do sistema de cultivo da cultura do milho no processo erosivo dos solos.

Relacionando produção com precipitação, verificamos que o ano mais produtivo (2022) para ambos os tratamentos foi o de maior precipitação total e de distribuição por fases do ciclo mais equilibrada, apesar do acentuado déficit hídrico na fase do milho joalheiro-floração, e os menos produtivos (2020 e 2024) com acentuado déficit hídrico global e na fase milho joalheiro-floração. A precipitação de 2024 é muito superior à de 2020, mas a ocorrência de chuvas intensas num período muito precoce do ciclo não contribuiu para o aumento da retenção de água no solo.

Sempre que a reserva hídrica útil efetiva -muito dependente da distância entre raízes próximas- do solo rizosférico desce abaixo dos 50% a absorção hídrica da planta decresce progressivamente, afetando o desenvolvimento. Ter presente que em matéria de absorção de água pelas raízes são estas que, em solo não saturado de água, têm de caminhar em direção à água e não ao contrário. Sempre que a precipitação efetiva, no período da fase milho joalheiro-floração de duração longa (40 a 45 dias), é inferior a 80mm (valor estimado) a planta sofre stress hídrico, com reflexos negativos na produtividade, de acordo com os princípios da fisiologia vegetal, movimento da água no interior do solo não saturado e saturado, distribuição e densidade das raízes no solo.

No sistema cultural "azevém x milho", com o esgotamento da água do solo pelo azevém e perda acelerada de água, consequência das mobilizações (lavoura, gradagem, sementeira), a reserva hídrica do solo no momento da sementeira é muito baixa. A cultura do milho arranca com frequência elevada com o solo nos mínimos hídricos, dependendo portanto das precipitações que ocorrem ao longo do ciclo cultural, que são geralmente globalmente deficitárias (maio-setembro). A partir do estado fisiológico de milho joalheiro todo o solo está coberto e a percentagem da água da precipitação que é retida pelo aparelho foliar do milho é crescente e elevada e a água chega ao solo essencialmente por escorrência ao longo do caule, humedecendo preferencialmente o volume rizosférico mais próximo do caule da planta. Se pretendemos potenciar, o retorno económico e a sustentabilidade ambiental, no sistema da produção de milho forrageiro é necessário ponderar todos os aspetos acima referidos e sobretudo o das mobilizações.

O enterramento do SO com charrua coloca cerca de 2/3 deste na camada intermédia (10-25cm) e apenas cerca de 1/3 na camada superficial (0-10cm). Com a 2ª lavoura a repartição do SO passa a ser aproximadamente de 60% para a camada intermédia e de 40% para a camada superficial. As lavouras seguintes promovem a homogeneização do SO em toda a camada arável (0-25cm). Ao fim de 5 anos a análise morfológica do perfil do solo revela que as partículas do SO, de cor e natureza distinta da restante MO, continuam presentes em abundância, e estimulam o desenvolvimento radicular das plantas (ver foto 3, pag.10).



4. CONCLUSÕES

O quinto ano de produção de milho forrageiro confirma a elevada resiliência da produtividade das parcelas fertilizadas com o substrato orgânico da MUSAMI em comparação com as parcelas fertilizadas com adubos minerais.

As diferenças de produção, em matéria verde e seca, entre os dois modos de produção, ao longo dos 5 anos é muito significativa.

No ecossistema, clima-solo, da ilha de São Miguel a produtividade do milho forrageiro, no período de maio a setembro, está fortemente relacionada com a precipitação total e sua distribuição por fases do ciclo cultural, sendo a fase milho joalheiro-floração a mais crítica.

A análise mais detalhada, apenas no período de cultivo, da variável precipitação revela-nos a ocorrência de precipitações diárias e horárias muito elevadas, no longo período pós emergência-milho joalheiro, com consequências muito graves na perda de água por escorrência superficial e erosão hídrica. Esta caracteriza-se pela perda de solo fino e formação de pequenos sulcos (ver foto 4, na pág. 17) nas áreas mais declivosas, ao longo das linhas de sementeira. Quanto maior é o declive e mais longa é a pendente mais profundos são os sulcos.

O comportamento das parcelas que receberam o SO-MUSAMI revelaram ser mais resistentes à erosão hídrica, consequência do enriquecimento do solo em cerca de 2,0% de MO e a sua conservação ao longo dos anos.

A fileira da cultura do milho, muito importante na ilha de São Miguel pela área que ocupa e importância na alimentação animal, tem um impacto ambiental negativo grande devido à generalização das mobilizações excessivas. As mobilizações não só têm um custo elevado, como conduzem a perdas do solo muito elevadas por erosão hídrica, empobrecendo progressivamente as terras em MO e elementos finos. Em alternativa ao sistema de cultivo pela via das mobilizações, temos o sistema de sementeira direta que protege o solo da erosão hídrica, apresenta custos mais baixos e os rendimentos são equivalentes. Em São Miguel, os prestadores de serviços já possuem maquinaria adequada para a sementeira direta, faltando formação e desenvolvimento de experimentação para recolha de informação robusta que convença definitivamente os produtores da fileira.

